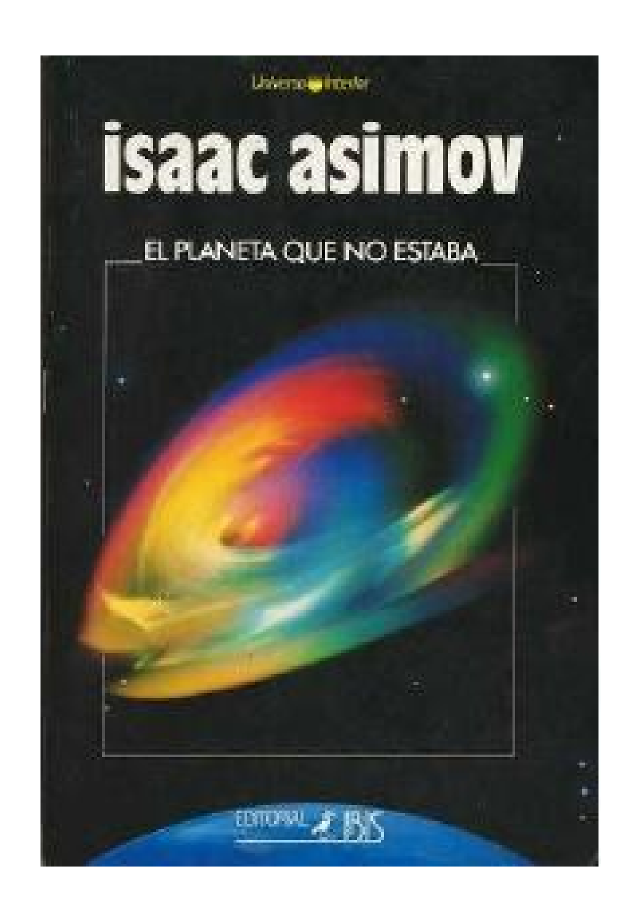


EL PLANETA QUE NO ESTABA

ISAAC ASIMOV

Título del original inglés: ***The Planet that wasn't***

Independencia, 92 08902 Hospitalet (Barcelona)
Traducción: Félix Rodríguez Trelles
Escaneo: Mike Donovan
Corrección: Dom
Diseño cubierta: Josep Ubach
Composición: Grafitex, S.A.
Impreso en España . Printed in Spain

ISBN: 84-865 12-09-3
Depósito legal: B-23487-87
Impreso en LIFUSA

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

La clave para mi prolongada serie de ensayos en *The Magazine of Fantasy and Science Fiction* es la variedad. En parte ello debe atribuirse a mis Amables Editores -Edward L. Ferman en *F & S F* y Cathleen Jordan de la Doubleday & Company- quienes están bien contentos de dejarme divagar sobre casi cualquier tema que me interese. En parte, también debo atribuirlo a mi propia mente inquieta.

Es bastante probable que yo hable un mes sobre la atmósfera, al siguiente sobre las colonias en el espacio, y un mes después sobre la arteriosclerosis. ¿Por qué no? No solamente mantengo mi propio interés de esa manera, sino que excito la curiosidad de los lectores. ¿De qué hablará Isaac el mes que viene?, se preguntan.

Sin embargo «aunque seas tú tan casta como el hielo, tan pura como la nieve, no escaparás a la calumnias».*

¿Me creerían ustedes que la semana pasada recibí una carta denunciándome por haberme ocupado solamente de astronomía durante años y urgiéndome airadamente a dejar el tema?

¿Qué es esto? pensé yo, confundido. ¿Es que he estado escribiendo nada más que artículos de astronomía durante años y no me he dado cuenta?

He verificado y lo dejo en vuestras manos. Si se fijan en este libro, que contiene mis diecisiete ensayos más recientes, verán ustedes que hay exactamente cuatro artículos que pueden considerarse íntegramente de astronomía: son los primeros cuatro del libro.

Algunos de los restantes pueden tener un interés astronómico tangencial, pero nada más que eso. Sólo puedo suponer que mi corresponsal debe haber estado bebiendo, un tanto en exceso, algún coñac medicinal.

La variedad de mis ensayos ofrece problemas, sin embargo. Por ejemplo, ¿qué nombres les pongo a las colecciones?

Mirando para atrás, veo que me habría ahorrado un montón de problemas si las hubiera llamado a todas "Colección de Ensayos", y las hubiera rotulado como Volumen 1, Volumen 2, Volumen 3, etc. Pero, ¡qué aburrido!

En cambio, lo que hago es tratar de elegir algún título ruidoso que 1) indique por lo menos vagamente la naturaleza del contenido y 2) use una palabra clave que simbolice la ciencia y que no haya usado previamente.

Si uno de los ensayos incluidos en el libro tiene legítimamente el título que elijo, tanto mejor.

No he usado la palabra "planeta" en ninguno de los títulos de mis colecciones de ensayos, y uno de los ensayos de esta colección tiene como título «El planeta que no estaba». ¡Muy bien!, ese es el título del libro.

Suena a ciencia-ficción, lo admito, pero eso no es necesariamente una desventaja. Cualquiera de mis libros, cualquiera sea su título, es muy probable que vaya a ir a parar a la sección de ciencia-ficción, de todos modos. No siempre se puede contar con que los

empleados de las librerías sepan que yo escribo cualquier cosa menos ciencia-ficción.

Una vez recibí una llamada telefónica de un amigo mío quien, alarmado, me dijo que un libro mío titulado *Una introducción fácil a la regla de cálculo* -que era exactamente lo que el título anunciaba- estaba mezclado con mis libros de ciencia-ficción en una cierta librería. Le dije que se calmara, ya que precisamente los lectores de mi ciencia-ficción son los más aptos para comprar y leer mis trabajos fuera del género.

---

* N. del A.: Esta frase no me pertenece. La escribió un antiguo dramaturgo llamado William Shakespeare. Uno de sus personajes, cuyo nombre inverosímil es Hamlet. se lo dice a Ofelia... que era, aparentemente, una amiguita suya.

Otro problema que plantea la variedad de ensayos que escribo es la cuestión de la ordenación. Tengo diecisiete ensayos en este libro. ¿Cuál viene primero, cuál segundo, cuál tercero, y por qué?

Podría disponerlos en el orden en que fueron publicados originalmente, pero eso significaría que, en general, estarían distribuidos de cualquier manera. Esa clase de encantador desorden funciona bien en tanto aparezcan a intervalos mensuales en *F & S F.* El lector, que tiene un mes entre cada par de artículos sucesivos, un mes en el que está entretenido en toda clase de ocupaciones y preocupaciones, no tiene muy presente el ensayo del mes pasado, a menos que yo se lo recuerde. Por lo tanto, él está listo para cualquier cosa y me sigue a cualquier parte.

La situación es bien distinta cuando los ensayos aparecen en un libro, como ocurre aquí. Entonces usted los tiene todos de golpe y es probable que el lector los lea todos en un tiempo bastante corto... semanas, días. Y todavía puede haber algunos espíritus intrépidos que leerán la colección en una prolongada sesión.

Como ustedes pueden ver, disponerlos al azar no es tan bueno.

Habiendo logrado una cierta motivación del lector con un ensayo, me gustaría capitalizar esa motivación para el siguiente, si pudiera. Por lo tanto, frecuentemente agrupo mis ensayos por materias.

En este libro, sin embargo, tengo la oportunidad de intentar algo más. Déjenme explicar...

Ed Ferman me ha instigado a escribir lo que llamamos "temas polémicos". De vez en cuando quiere que yo discuta algún asunto que, por una razón o por otra, sea delicado.

En cada caso defiendo la causa de la ciencia de la manera más franca y beligerante que puedo. Ya sea que yo denuncie a los platillos volantes, o a los tests sobre coeficientes de inteligencia, o a la resistencia a la colonización espacial, lo haré sin pensar en componendas ni en reconciliaciones. Aquí me quedo, no puedo obrar de otra manera.[**]

Esto da por resultado una buena cantidad de correspondencia, lo cual deleita al viejo Ed, de modo que pienso que me instigan a hacer cada vez más de lo mismo. No, retiro eso de que "me instigan". El hecho es que disfruto con los temas polémicos y estoy encantado con la posibilidad de decir lo que pienso.

En este libro, entonces, he decidido disponer de mis artículos de una manera nueva: en grado de controversia creciente. Comenzamos con nada más que ciencia y nos vamos encaminando hacia opiniones sobre la ciencia.

Esto quiere decir que si tiene ganas de discutir, puede usted tentarse a comenzar por el último ensayo y leer hacia atrás. Por supuesto, podría suceder entonces que usted esté de acuerdo conmigo en cada detalle y que se haya perdido su ocasión de discutir.

En ese caso, yo lo sentiría mucho...

Nueva York

[**] **N. del A.: De nuevo, esto tampoco es mío. Lo dijo un predicador llamado Martin Lutero y, por alguna razón, prefirió decirlo en alemán. *Hier steh'. ich. ich kann nicht anders.***

III. EL PLANETA QUE NO ESTABA

Se me preguntó una vez si era siquiera posible que los antiguos griegos hubieran tenido conocimiento de los anillos de Saturno.

La razón para que surja tal pregunta proviene de lo siguiente: Saturno es el nombre de una deidad agrícola de los antiguos romanos. Cuando los romanos alcanzaron el punto en que quisieron igualar a los griegos en su alto nivel cultural, decidieron equiparar sus propios dioses insípidos con las divinidades encantadoras de los imaginativos griegos. Así, hicieron que Saturno correspondiera a Cronos, el padre de Zeus y de las otras diosas y dioses del Olimpo.

El cuento mítico más famoso acerca de Cronos (Saturno) relata cómo castró a su padre Ouranos (Urano), a quien luego reemplazó como rey del Universo. Como era natural, Cronos temió que sus propios hijos aprendieran de su ejemplo y decidió actuar para evitarlo.

Como no tenía conocimiento de los métodos de control de la natalidad y era incapaz de practicar la contención, engendró seis hijos (tres varones y tres mujeres) con su mujer, Rea. Acto seguido, procedió a engullirse cada hijo inmediatamente después de nacido.

Cuando nació Zeus, el sexto, Rea (cansada de dar a luz niños sin ningún provecho) envolvió una piedra en unos pañales y dejó que el tonto Señor del Universo se lo tragara. Zeus fue criado en secreto, y cuando hubo crecido se las arregló mediante una estratagema, para hacer que Cronos vomitara a sus hermanas y hermanos (¡todavía vivos!). Zeus y sus hermanos fueron entonces a la guerra contra Cronos y sus hermanos (los Titanes). Después de una gran contienda de diez años, Zeus derrotó a Cronos y tomó el poder en el Universo.

Ahora, pues, retornemos al planeta que los griegos habían llamado Cronos, porque se movía más lentamente sobre el fondo de estrellas que ningún otro planeta y por lo tanto se comportaba como si fuera un dios más viejo. Por supuesto, los romanos lo llamaron Saturno, y nosotros también.

Alrededor de Saturno están sus hermosos anillos, de los que todos tenemos conocimiento. Estos anillos están en el plano ecuatorial de Saturno, que está inclinado 26,7 grados con respecto al plano de su órbita. Debido a esta inclinación, podemos ver los anillos fácilmente.[1]

El grado de inclinación es constante con respecto a las estrellas, pero no con respecto a nosotros. Para nosotros, aparece inclinado a distintos ángulos que dependen de dónde está Saturno en su órbita. En un punto de su órbita, Saturno mostrará sus anillos inclinados hacia abajo, de modo que los veremos desde arriba. En el punto opuesto, estarán inclinados hacia arriba, de manera que los veremos desde abajo.

A medida que Saturno recorre su órbita, el grado de inclinación varía suavemente de arriba hacia abajo y viceversa. A mitad de camino entre abajo y arriba, y luego a mitad de camino entre arriba y abajo, en dos puntos opuestos de la órbita de Saturno, los anillos se nos presentan de canto. Son tan delgados que en ese momento no se los puede ver de ninguna manera, ni siquiera con un buen telescopio. Como Saturno gira alrededor del Sol en algo menos de treinta años, los anillos se pierden de vista cada quince años.

---

[1] ***N. del T.: El autor hace aquí un juego de palabras entre los dos significados de la palabra "slant": inclinación o. en sentido familiar, mirada.***

Cuando Galileo, allá por la década de 1610, miraba al cielo con su telescopio primitivo, lo dirigió a Saturno y encontró que había algo raro en él. Le pareció ver dos cuerpos pequeños, uno a cada lado de Saturno, pero no pudo comprender lo que eran. Cuando volvió a mirar a Saturno, fue más difícil verlos hasta que, finalmente, sólo vio la esfera solitaria de Saturno y nada más.

"¡Cómo!", gruñó Galileo, "¿todavía se traga Saturno a sus hijos?" y nunca más volvió a mirar el planeta. Pasaron otros cuarenta años antes que el astrónomo holandés Christiaan Huygens, sorprendiendo a los anillos a medida que se iban inclinando más y más (y con un telescopio mejor que el de Galileo) descubrió lo que eran.

¿Pudo suceder que los griegos, entonces, al elaborar su mito de Cronos tragándose a sus hijos, se hubieran referido al planeta Saturno, a sus anillos, a la inclinación de su plano ecuatorial y a su relación orbital con la Tierra?

No, contesto siempre a la gente que me hace esta pregunta, a menos que no podamos pensar en una explicación más simple y directa. En este caso, sí podemos: se trata de una coincidencia.

La gente es demasiado incrédula con respecto a las coincidencias. Está mucho más preparada para descartarlas y construir estructuras arcanas de naturaleza sumamente débil a fin de evitarlas.

Por mi parte, en todos los casos veo la coincidencia como una consecuencia inevitable de las leyes de la probabilidad, de acuerdo con las cuales no encontrar ninguna coincidencia excepcional es algo mucho más excepcional que cualquier coincidencia imaginable.

Y aquellos que ven un propósito en lo que es solamente coincidencia a menudo ni siquiera conocen las coincidencias realmente buenas: algo que ya he discutido antes.[1]

En este caso, ¿qué otras correspondencias hay entre los nombres planetarios y la mitología griega? ¿Qué les parece el planeta que los griegos llamaron Zeus y los romanos Júpiter? El planeta se llama como el jefe de los dioses y resulta ser más pesado que todos los otros planetas juntos. ¿Pudo suceder que los griegos conocieran las masas relativas de los planetas?

La coincidencia más sorprendente de todas, sin embargo, tiene que ver con el planeta del cual los griegos (¡imagínense!) nunca habían oído hablar.

Consideren a Mercurio, el planeta más cercano al Sol. Tiene la órbita más excéntrica de todas las conocidas en el siglo XIX. Su órbita es tan excéntrica que el Sol, en el foco de la elipse orbital, está marcadamente fuera del centro.

Cuando Mercurio está en el punto de su órbita más cercano al Sol ("perihelio"), está a sólo 46 millones de kilómetros de distancia y se mueve en su órbita a una velocidad de cincuenta y seis kilómetros por segundo. En el punto opuesto de su órbita, cuando está más alejado del Sol ("afelio"), está a 70 millones de kilómetros de distancia y, en consecuencia, ha disminuido su velocidad a treinta y siete kilómetros por segundo. El hecho de que Mercurio esté a veces a la mitad de la distancia del Sol a la que se encuentra otras veces, y que se mueva algunas veces con la mitad de la velocidad que tiene en otras, hace algo más difícil seguir con precisión sus movimientos que los de otros planetas más metódicos.

Esta dificultad surge más notablemente en un aspecto particular...

---

[1] ***N. del A.: Véase «Pompeya y Circunstancia» en The Left Hand of the Electron (Doubleday. 1972). (En castellano: El electrón es zurdo, Alianza.)***

Nota del Corrector: En el libro de Alianza en castellano, que es un refrito de tres libros distintos en inglés, no figura ese capítulo.

Como Mercurio está más cerca del Sol que la Tierra, en ocasiones se coloca exactamente entre la Tierra y el Sol y los astrónomos pueden ver su círculo oscuro moviéndose a través de la cara del Sol.

Tales “tránsitos”, de Mercurio tienen lugar de manera más bien irregular debido a la órbita excéntrica del planeta y porque esa órbita está inclinada siete grados con respecto al plano de la órbita terrestre. Los tránsitos sólo se producen en mayo o en noviembre (los tránsitos de noviembre son los más comunes, en una relación de 7 a 3) y en intervalos sucesivos de trece, siete, diez y tres años.

En el siglo XVIII, los tránsitos se observaban con mucho entusiasmo porque eran algo que no se podía ver con el ojo desnudo y sin embargo podía verse muy bien con los telescopios primitivos de la época. Además, los tiempos exactos en los cuales el tránsito comenzaba y terminaba, y el camino exacto recorrido a través del disco solar, cambiaban levemente con el lugar de observación sobre la Tierra. A partir de tales cambios, se podría calcular la distancia de Mercurio y, mediante ellas, todas las otras distancias del sistema solar.

Por consiguiente era desconcertante, astronómicamente hablando, que la predicción de cuándo tendría lugar el tránsito estuviera a veces errada hasta en una hora. Era una indicación muy clara de las limitaciones de la mecánica celeste de la época.

Si Mercurio y el Sol fueran todo lo que existe en el universo, entonces, cualquiera fuera la órbita que Mercurio siguiera al girar en torno del Sol, la seguiría exactamente en todas las revoluciones subsiguientes. No habría dificultad alguna para predecir los tiempos de tránsito exactos.

Sin embargo, todo otro cuerpo en el universo también tira de Mercurio, y la atracción de los planetas cercanos -Venus, la Tierra, Marte y Júpiter-, si bien es muy pequeña en comparación con la del Sol, es lo suficientemente grande como para importar.

Cada influencia, por separado, introduce una leve modificación en la órbita de Mercurio (una “perturbación”) que debe ser tenida en cuenta mediante cálculos matemáticos que incluyan la masa exacta y el movimiento del objeto que ejerce la atracción. El conjunto de complicaciones que resulta es muy simple en teoría, ya que está enteramente basado en la ley de la gravitación de Isaac Newton, pero en la práctica es muy complicado, ya que los cálculos requeridos son tan largos como pesados.

No obstante tenía que hacerse, y se hicieron intentos cada vez más cuidadosos para hallar los movimientos exactos de Mercurio teniendo en cuenta todas las perturbaciones posibles.

En 1843 un astrónomo francés, Urbain Jean Joseph Leverrier, publicó un cálculo cuidadoso de la órbita de Mercurio y encontró que persistían pequeñas discrepancias. Sus cálculos, realizados con excesivo detalle, demostraban que después de haber tenido en cuenta todas las perturbaciones concebibles quedaba un pequeño desplazamiento que no podía explicarse. El punto en el cual Mercurio alcanzaba su perihelio se movía hacia adelante en la dirección de su movimiento un poquito más rápido que lo que podían explicar todas las perturbaciones.

En 1882, el astrónomo canadiense-americano Simon Newcomb, usando instrumentos mejores y un mayor número de observaciones, corrigió los números de Leverrier muy levemente. Usando esta corrección parecería que cada vez que Mercurio da una vuelta en torno del Sol, su perihelio está 0,104 segundos de arco más lejos de lo que debería estar si se tienen en cuenta todas las perturbaciones.

Esto no es mucho. En un siglo terrestre la discrepancia alcanzaría solamente a cuarenta y tres segundos de arco. Harían falta cuatro mil años para que la discrepancia alcanzara el tamaño aparente de nuestra Luna y tres millones de años para que significara una vuelta completa alrededor de la órbita de Mercurio.

Pero eso es bastante. Si no se pudiera explicar la existencia de este avance del perihelio de Mercurio, entonces habría algo mal en la ley de la gravitación de Newton, y esa ley había funcionado tan perfectamente en todo otro sentido que hacerla fracasar ahora no provocaría el júbilo de ningún astrónomo.

De hecho, aun cuando Leverrier estaba analizando esta discrepancia en la órbita de Mercurio, la ley de la gravitación había logrado su triunfo más grande. Y, ¿quién había sido la fuerza actuante detrás de este triunfo? Por supuesto que Leverrier, ¿quién más?

El planeta Urano, por entonces el planeta conocido más alejado del Sol, también presentaba una pequeña discrepancia en sus movimientos, que no podía explicarse por la atracción gravitatoria de los otros planetas. Se habían hecho sugerencias en el sentido de que podría haber otro planeta, más alejado del Sol que Urano, y que la atracción gravitatoria de este planeta distante y todavía desconocido podría explicar la discrepancia en los movimientos de Urano, que de otra manera parecía inexplicable.

Un astrónomo inglés, John Couch Adams -usando la ley de la gravedad como punto de partida- había hallado en 1843 una órbita posible para tal planeta distante. La órbita explicaría la discrepancia de los movimientos de Urano y permitiría predecir dónde debería estar en cada instante el planeta nunca visto.

Los cálculos de Adam fueron ignorados, pero unos pocos meses más tarde Leverrier, trabajando en forma totalmente independiente, llegó a la misma conclusión y tuvo más suerte. Leverrier transmitió sus cálculos a un astrónomo alemán, Johann Gottfried Galle, quien resultó tener un nuevo mapa estelar de la región de los cielos en la cual Leverrier decía que había un planeta desconocido.

El 23 de septiembre de 1846, Galle comenzó su búsqueda y, en cuestión de horas, localizó el planeta que ahora llamamos Neptuno.

Después de un triunfo como ése, ninguno (y Leverrier menos que ninguno) quería cuestionar la ley de la gravedad. La discrepancia en los movimientos orbitales de Mercurio debía ser el resultado de alguna atracción gravitatoria que no se estaba teniendo en cuenta.

Por ejemplo, la masa de un planeta se calcula muy fácilmente si tiene satélites que se mueven a su alrededor a una cierta distancia y con un cierto período. La combinación de distancia-período depende de la masa planetaria, que así puede calcularse de manera muy precisa. Pero Venus no tiene satélites. Por lo tanto, su masa solamente podía determinarse con cierta indefinición y podía suceder que en realidad fuera un diez por ciento más pesado que lo que habían creído los astrónomos de mediados del siglo XIX. Si así fuera, esa masa adicional y la atracción gravitatoria adicional por ella originada explicarían justamente el movimiento de Mercurio.

El problema está en que si Venus fuera en tal grado más pesado que lo que se había supuesto antes, esa masa extra también afectaría la órbita de su otro vecino, la Tierra... y la perturbaría de una forma que en la realidad no se observa. Poner a Mercurio en orden a costa de desordenar la Tierra no es un buen negocio, y así fue que Leverrier eliminó esa solución basada en Venus.

Leverrier necesitaba algún cuerpo más pesado que estuviera cerca de Mercurio, pero no demasiado cerca de ningún otro planeta, y hacia 1859 sugirió que la fuente gravitatoria tenía que provenir del lado lejano de Mercurio. Tenía que haber un planeta dentro de la órbita de Mercurio lo bastante cerca de él como para explicar el movimiento extra de su perihelio, pero lo bastante lejos de los planetas más alejados del Sol como para dejarlos esencialmente tranquilos.

Leverrier dio a este planeta intra-mercurial propuesto el nombre de Vulcano. Éste era el equivalente romano del dios griego Hefaistos, que presidía la forja como herrero divino. De esta manera, un planeta que estuviera revoloteando desde siempre cerca del fuego celeste del Sol tendría el nombre más apropiado.

Sin embargo, si existiera un planeta intra-mercurial, ¿por qué nunca se lo había visto? En realidad, ésta no es una pregunta difícil de contestar. Visto desde la Tierra, cualquier cuerpo que estuviera más cerca del Sol que Mercurio siempre estaría en la proximidad inmediata del Sol, y verlo sería verdaderamente muy difícil.

De hecho, habría solamente dos oportunidades en que sería fácil ver a Vulcano. La primera sería en ocasión de un eclipse solar total, cuando el cielo en la vecindad inmediata del Sol está oscurecido y cuando cualquier objeto que esté siempre en esa proximidad inmediata podría verse con una facilidad que sería imposible de concebir en otros momentos.

En un sentido esto ofrece una salida fácil, ya que los astrónomos pueden encontrar con gran precisión los momentos y lugares en que tendrán lugar los eclipses solares totales, y estar listos para hacer observaciones. Por otra parte, los eclipses no ocurren con frecuencia, generalmente implican largos viajes y duran sólo unos pocos minutos.

¿Qué hay de la segunda ocasión para ver fácilmente a Vulcano? Esa se daría cuando Vulcano pasa directamente entre la Tierra y el Sol en un tránsito. Su cuerpo aparecería entonces como un círculo oscuro sobre la esfera solar, que se movería rápidamente de oeste a este en línea recta.

Los tránsitos deberían ser más comunes que los eclipses, deberían ser visibles desde áreas más grandes durante tiempos más prolongados, y deberían dar una indicación mucho mejor de la órbita exacta de Vulcano, la cual podría usarse para predecir tránsitos futuros, durante los cuales se podrían hacer investigaciones adicionales y descubrir las propiedades del planeta.

Por otra parte, el tiempo de tránsito no puede predecirse con seguridad hasta que se conozca con precisión la órbita de Vulcano, y ésta no puede conocerse con exactitud hasta que se vea al planeta y se lo siga por un rato. Por lo tanto, la primera observación real debería ocurrir por accidente.

O quizá ya se había producido esa primera observación... Tal cosa era posible y aun probable. El planeta Urano, había sido visto un sinnúmero de ocasiones antes de su descubrimiento por William Herschel. El primer astrónomo real de Gran Bretaña, John Flamsteed, lo había visto un siglo antes de su descubrimiento, considerándolo como una estrella ordinaria y catalogándolo como “34 Tauri”. El descubrimiento de Herschel no consistió en ver a Urano por vez primera, sino en reconocerlo como planeta por primera vez.

Una vez que Leverrier hizo su propuesta (y el descubridor de Neptuno tenía prestigio en esa época), los astrónomos comenzaron a buscar posibles observaciones previas de objetos extraños que serían ahora reconocidos como Vulcano.

En seguida apareció algo. Un astrónomo francés aficionado, el Dr. Lescarbault, anunció a Leverrier que en 1845 él había observado un objeto oscuro contra el Sol al que había prestado poca atención en su momento, pero que ahora pensaba que era Vulcano.

Leverrier estudió este informe muy conmovido, y estimó que Vulcano era un cuerpo que giraba alrededor del Sol a una distancia media de 21 millones de kilómetros, un poco más de un tercio de la distancia de Mercurio. Esto significaba que su período de revolución sería de 19,7 días, aproximadamente.

A esa distancia nunca estaría a más de ocho grados de separación del Sol. Esto quería decir que la única vez que Vulcano podría ser visto en el cielo en ausencia del Sol sería, como máximo, durante el período de media hora antes de la salida del Sol o la media hora después de la puesta (alternadamente, y con intervalos de diez días). Este intervalo de tiempo corresponde a la parte más brillante del crepúsculo, y la contemplación sería difícil, de manera que no era sorprendente que no hubiera sido detectado durante tanto tiempo.

A partir de la descripción de Lescarbault, Leverrier también estimó el diámetro de Vulcano, que sería de unos dos mil kilómetros, es decir, sólo un poco más de la mitad del diámetro de nuestra Luna. Suponiendo que la composición de Vulcano fuera similar a la de Mercurio, tendría una masa cercana a un decimoséptimo de la de Mercurio o un cuarto de la de la Luna. Esta masa no es lo suficientemente grande como para explicar todo el avance del perihelio de Mercurio, pero quizá Vulcano podría ser sólo el más grande de una especie de grupo de asteroides dentro de la órbita. de Mercurio.

Sobre la base de los datos de Lescarbault, Leverrier calculó los tiempos en los cuales deberían tener lugar los tránsitos futuros, y los astrónomos empezaron a observar el Sol en esas ocasiones, así como las zonas próximas al Sol cuando había eclipses.

Lamentablemente, no hubo evidencia definida de que Vulcano estuviera donde se suponía que estaría en las ocasiones predichas.

Siguieron apareciendo informes adicionales cada vez que alguien alegaba haber visto a Vulcano, de vez en cuando. Sin embargo, en cada caso significaba que había que calcular una nueva órbita y predecir nuevos tránsitos... y tampoco éstos llevaron a nada definido.

Se hacía cada vez más difícil calcular órbitas que incluyeran todas las observaciones, y ninguna de ellas lograba predecir con éxito los tránsitos futuros.

Todo el asunto se convirtió en una controversia, en la cual algunos astrónomos insistían que Vulcano existía y otros lo negaban.

Leverrier murió en 1877. Fue un creyente tenaz en la existencia de Vulcano hasta el fin, y se perdió por un año la más grande conmoción debida a Vulcano. En 1878 pasaría sobre el oeste de los Estados Unidos la trayectoria de un eclipse solar, y los astrónomos norteamericanos se prepararon para una búsqueda en masa de Vulcano.

La mayoría de los observadores no vio nada, pero dos astrónomos con títulos imponentes, James Craig Watson y Lewis Swift, informaron sobre observaciones de lo que parecía ser Vulcano. Según los informes, parecía que Vulcano tenía unos 650 kilómetros de diámetro y era cuarenta veces menos brillante que Mercurio.

Esto era poco satisfactorio, ya que sólo tenía el tamaño de un asteroide grande y no podía explicar sino sólo en parte el movimiento del perihelio del Mercurio, pero ya era algo.

Y aun ese algo fue objeto de ataques. Se puso en tela de juicio la exactitud de los números que daban la posición del objeto y no se pudo calcular ninguna órbita que permitiese predecir nuevas observaciones.

Al terminar el siglo XIX la fotografía iba ganando terreno. No había ya necesidad de hacer mediciones febriles antes de que terminara el eclipse ni de descifrar qué estaba atravesando la superficie del Sol antes de que todo terminara. Usted tomaba fotografías y las estudiaba con toda comodidad.

En 1900, después de diez años de fotografías, el astrónomo norteamericano Edward Charles Pickering anunció que no podía haber ningún cuerpo intra-mercurial que fuera más brillante que la cuarta magnitud.

En 1909, el astrónomo norteamericano William Wallace Campbell fue más lejos, y afirmó categóricamente que no había nada dentro de la órbita de Mercurio que tuviera más brillo que la octava magnitud. Eso quería decir que nada allí adentro podía tener más de cuarenta y ocho kilómetros de diámetro. Harían falta un millón de cuerpos de ese tamaño para explicar el movimiento del perihelio de Mercurio.[1]

Con ello prácticamente se extinguieron las esperanzas sobre la existencia de Vulcano. Pero todavía el perihelio de Mercurio se movía. Si la ley de gravitación de Newton era correcta (y en todo el tiempo transcurrido desde Newton no había surgido ninguna razón para suponer que no lo fuera) tenía que haber alguna clase de atracción gravitatoria desde adentro de la órbita de Mercurio.

Y por supuesto, la había, pero se originaba de una manera totalmente distinta de lo que ninguno se había imaginado. En 1915 Albert Einstein explicó la cuestión en su teoría general de la relatividad.

El punto de vista de Einstein sobre la gravitación era una extensión del de Newton: una teoría que se simplificaba hasta coincidir con la versión newtoniana bajo la mayoría de las condiciones posibles, pero que era diferente y mejor bajo condiciones extremas.

La presencia de Mercurio tan cerca de la aplastante presencia del Sol era un ejemplo de condición extrema que Einstein puede explicar, y Newton no.

Aquí veremos una forma de hacerlo. Según el punto de vista relativista de Einstein sobre el universo, la masa y la energía son equivalentes, y una pequeña cantidad de masa equivale a una gran cantidad de energía, de acuerdo con la ecuación $e=mc^2$.

El enorme campo gravitatorio del Sol representa una gran cantidad de energía y ésta es equivalente a una cierta cantidad de masa mucho más pequeña. Ya que toda masa da lugar a un campo gravitatorio, el campo gravitatorio del Sol, visto como una masa, debe dar lugar a su vez a un campo gravitatorio mucho más pequeño.

En esta atracción de segundo orden, la pequeña atracción gravitatoria de la masa equivalente corresponde a la gran atracción gravitatoria del Sol, la que representa la masa adicional y la atracción adicional desde adentro de la órbita de Mercurio. Los cálculos de Einstein demostraron que este efecto explica precisamente el movimiento del perihelio de Mercurio, y además explicaron los movimientos mucho más pequeños de los perihelios de los planetas más alejados.

---

[1] ***N. del A.: Por lo que sabemos. esto es correcto. Al presente los únicos objetos que sabemos que se han acercado al Sol a menor distancia que Mercurio ha sido algún cometa ocasional de masa despreciable y el asteroide Ícaro, que sólo tiene uno o dos kilómetros de diámetro...***

Después de esto, no hicieron falta ni Vulcano ni ninguna otra masa newtoniana. Vulcano fue arrojado del cielo astronómico para siempre.

Volvamos ahora a las coincidencias, y a una mucho más asombrosa que la que relaciona a Cronos tragándose a sus hijos con los anillos de Saturno.

Vulcano, como ustedes recordarán. es el equivalente del Hefaistos griego, y el mito más famoso acerca de Hefaistos se desarrolla como sigue:

Hefaistos. hijo de Zeus y de Hera, se puso una vez de parte de Hera cuando Zeus la estaba castigando por su rebeldía. Zeus, furioso por la interferencia de Hefaistos, lo echó del cielo. Hefaistos cayó a la Tierra y se rompió las dos piernas. Aunque era inmortal y no podía morir, su incapacidad era permanente.

No es extraño, entonces, que el planeta Vulcano (Hefaistos) también fuera expulsado del cielo. No podía morir, en el sentido que la masa que proporcionaba la atracción gravitatoria adicional tenía que estar allí, pasara lo que pasara. Sin embargo estaba incapacitada, en el sentido de que no era la clase de masa a la que estamos acostumbrados, no era masa bajo la forma de acumulaciones planetarias de materia. Era, en cambio, la masa equivalente de un gran campo de energía.

¿No los impresiona la coincidencia? Bueno, llevémosla más lejos. Ustedes recuerdan que en la leyenda en que Cronos se comía a sus hijos, Zeus se salvó cuando su madre lo reemplazó por una piedra en los pañales. Si una piedra sirve de sustituto para Zeus, seguramente ustedes estarán dispuestos a permitir que la frase “una piedra”, se considere el equivalente de “Zeus”.

Muy bien, entonces, ¿quién arrojó a Hefaistos (el Vulcano mítico) de los cielos? ¡Zeus! ¿Y quién arrojó al Vulcano planetario de los cielos? ¡Einstein! ¿Y qué quiere decir *ein stein* en el alemán nativo de Einstein?¡Una piedra!

Y con esto he presentado las pruebas del caso. Podremos decir que los griegos deben haber previsto todo el enredo vulcaniano, hasta el nombre mismo del hombre que logró resolverlo... O podremos decir que las coincidencias pueden ser enormemente sorprendentes... y que carecen de todo sentido.

IV. LAS NIEVES OLÍMPICAS

Estoy muy preocupado por los títulos de estos ensayos. Cuando no tengo un título bueno, tengo problemas para empezar.

A veces, cuando pienso en un título muy bueno, invento deliberadamente un ensayo que se adapte al título. Como este ensayo es el bicentésimo en la serie de *Fantasy and Science Fiction,* creí necesario elegir un tema significativo y estructurarlo en torno de un título particularmente bueno... poético, ingenioso, sorprendente, algo importante.

En lo que a tema respecta, se me ocurrió que nada hay tan dramático como los canales marcianos para una persona tan acienciaficcionada como yo. Prácticamente ningún escritor de ciencia-ficción del siglo XX ha dejado de mencionarlos.

En seguida se me ocurrió, por razones que se harán evidentes en lo que sigue, que "Las Nieves del Olimpo" sería un título perfecto.

Estaba encantado conmigo mismo y decidí que tan pronto como se presentara la oportunidad apropiada prepararía un ensayo con dicho título sobre ese tema.

Entonces, pocos días después, mientras pasaba unos momentos en un kiosco de revistas, noté de repente el nombre de mi buen amigo Arthur C. Clarke en la tapa del último número de *Playboy,* aunque no recuerdo cómo fue que se me ocurrió mirar en esa dirección.

Interesado por ver qué tendría que decir mi querido amigo Arthur, navegué austeramente a través de hectáreas de piel femenina y llegué a la página indicada. Y ¿saben qué tenía Arthur allí? Una exposición muy breve sobre Marte, y el título que le había puesto era «Las Nieves del Olimpo».

Probablemente yo sea la única persona en la historia que haya jadeado, que se haya atragantado y puesto a dar saltos mirando una página de *Playboy* que no tenía ninguna huella del sexo femenino.

Tenía que pensar rápido, y lo hice. La próxima vez que me encontrara a mi pésimo amigo Arthur, intentaría estrangularlo y golpearle la cabeza contra la pared, ya que está claro que me lo hizo a propósito. Y mientras tanto, transformé rápidamente el título de mi artículo en algo completamente diferente, como ustedes ya habrán notado.

Y ahora, al trabajo.

El primer descubrimiento telescópico que hizo Galileo cuando dirigió su primer anteojo de larga vista al cielo en 1609, fueron las montañas y los cráteres de la Luna. Galileo mismo logró hacer el primer dibujo imperfecto de la superficie de la Luna y, al construirse telescopios cada vez mejores, otros astrónomos dibujaron mapas mejores, más detallados y más precisos de la superficie de la Luna.

En aquella época pudo parecer que con sólo construir telescopios cada vez mayores y mejores los astrónomos podrían, de manera análoga, trazar mapas de todos los otros mundos del sistema solar.

Pero, ¡ay! resultó que no era así. Los grandes planetas exteriores -Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno- están eternamente cubiertos de nubes, y todo lo que podemos dibujar son las bandas de nubes de Júpiter y de Saturno. En lo que respecta a los cuerpos más pequeños del sistema solar exterior -asteroides, satélites y cosas por el estilo- jamás se construyó ningún

telescopio (ni siquiera es probable que se lo construya sobre la superficie de la Tierra) que permitiera distinguirlos de manera suficiente para revelar algún detalle de su superficie, aun en los casos en que no exista una atmósfera que oculte dicha superficie.

Esto nos deja solamente a los objetos del sistema solar interior, aparte de la Tierra y de la Luna, como modelos posibles para trazar mapas. Hay sólo cinco de éstos. Contando desde el Sol hacia afuera están Mercurio, Venus, Marte y las dos lunas marcianas, Fobos y Deimos.

De estos cinco, Fobos y Deimos son demasiado pequeños para mostrar muy poco más que algunos puntos luminosos, aun en los mejores telescopios, y Venus está eternamente cubierto de nubes que no presentan ningún rasgo. Mercurio carece de atmósfera y expone su superficie desnuda, pero cuando se lo estudia con mayor facilidad está a 110 millones de kilómetros de distancia, se lo ve como un cuarto creciente gordo con la mayor parte de su superficie oscura y está demasiado cerca del Sol para permitir una observación fácil. Todo lo que puede verse de la superficie de Mercurio desde telescopios con base en la Tierra es nada más que un conjunto de manchones indefinidos que nunca significaron gran cosa.

Esto deja a Marte como el único objeto, aparte de la Tierra y de la Luna, del cual el hombre pudo trazar mapas antes de la Era Espacial.

La distancia media desde la Tierra al Sol es de 150 millones de kilómetros, mientras que la distancia media de Marte es de 228 millones de kilómetros. Si ambos planetas se movieran alrededor del Sol en órbitas perfectamente circulares, entonces cada vez que la Tierra se adelantara a Marte ("oposición"), los dos planetas estarían a 78 millones de kilómetros de distancia.

Sin embargo las órbitas no son circulares sino algo elípticas, de modo que en algunos lugares están más cerca que en otros. Las dos órbitas pueden estar tan separadas como a 99 millones de kilómetros, o tan próximas como a 56 millones de kilómetros.

Siempre es mejor observar a Marte en la oposición, cuando está más cerca de nosotros de lo que estará durante meses y meses, y cuando brilla bien alto en el cielo de medianoche, con toda su superficie brillantemente iluminada por el Sol, mirándonos. Si la oposición tiene lugar en momentos en que los dos planetas están pasando por aquellas porciones de sus órbitas que están relativamente próximas, tanto mejor. En la oposición más cercana, Marte esta solamente unas 150 veces más lejos que la Luna y ningún otro cuerpo de tamaño razonable, aparte del nuboso Venus, se acerca tanto a la Tierra.

La primera oposición cercana después de que los telescopios se hubieran convertido en un auxiliar común de la astronomía se produjo en 1638, y en ese año el astrónomo italiano Francesco Fontana hizo el primer intento de dibujar lo que veía cuando miraba a Marte. Ya que no veía mucho, solamente podemos registrarlo como un primer intento y seguir de largo.

El primer astrónomo que vio algo sobre Marte que con el tiempo habría de ser aceptado como un rasgo real de la superficie, fue el holandés Christiaan Huygens. El 28 de noviembre de 1659 dibujó una imagen de Marte que incluía una mancha oscura en forma de V en la región ecuatorial. Ésta siguió apareciendo en todas las imágenes pictóricas posteriores de la superficie marciana.

El 13 de agosto de 1672 Huygens procedió a dibujar otro mapa, en el cual indicó un casquete de hielo por primera vez.

Tanto Huygens como el astrónomo franco-italiano Giovanni Domenico Cassini trataron de observar los cambios de posición de las diversas manchas indefinidas que veían noche a

noche sobre la superficie marciana y de hacer uso de tales cambios para determinar el período de rotación del planeta.

En 1664, Cassini encontró que la rotación de Marte tiene un período de 24 horas y 40 minutos. Esto es sólo 2.6 minutos menos que el número que se acepta en la actualidad y, verdaderamente, no está mal para tratarse de un primer intento.

A medida que la observación de Marte prosiguió, sus semejanzas con la Tierra se fueron robusteciendo. No sólo era el día marciano muy similar en extensión al terrestre, sino que la inclinación del eje marciano con respecto a su plano de revolución alrededor del Sol (25,2 grados) era muy semejante a los 23,5 grados de la Tierra. Eso significaba que Marte tenía estaciones muy parecidas a las de la Tierra, a excepción del hecho que cada estación duraba casi el doble que la terrestre y era, en general, considerablemente más fría.

El astrónomo anglo-germano William Herschel, que estudió a Marte allá por las décadas de 1770 y 1780, notó la presencia de una atmósfera en Marte y detectó cambios de color con las estaciones.

Todo esto era importante con relación al problema de la vida en otros mundos.

A comienzos de la Edad Moderna los astrónomos tendían a suponer que todos los mundos estaban habitados, aunque no fuera sino porque parecía sacrílego suponer que Dios fuera a crear un mundo para luego dejarlo desierto. Sin embargo, todo lo que los astrónomos iban aprendiendo acerca de los mundos del sistema solar se oponía a dicha suposición. El mundo más próximo y mejor conocido, la Luna, evidentemente no tenía ni aire ni agua y de ninguna manera podía sustentar vida en la forma que se daba en la Tierra. Y si la Luna era un mundo muerto, seguramente también otros podrían serlo.

Naturalmente que esto era decepcionante, y fue ignorado por el resto de la gente. El hombre común siguió suponiendo que había vida en todos los planetas, y así lo hizo el escritor de ciencia ficción. (En uno de mis primeros cuentos publicados «La amenaza de Callisto», con toda calma le asigné una forma de vida nativa propia a Callisto, el satélite de Júpiter.)

Pero los astrónomos no podían consolarse a sí mismos con esa clase de evasiones románticas. Cada vez más pareció que el sistema solar era una colección de mundos que, en su mayor parte, estaban muertos... y cuando más parecía ser así, tanto más los astrónomos se sentían atraídos hacia Marte, el cual por la inclinación de su eje, por sus casquetes de hielo en los polos y sus cambios de color parecía tan terrestre y, por lo tanto, tan vivo.

En 1830. dos astrónomos alemanes, Wilhelm Beer (hermano del compositor Giacomo Meyerbeer) y Johann Heinrich von Mädler, estudiaron la superficie de Marte durante una oposición próxima y mostraron los primeros dibujos con mapas reconocibles del planeta.

Hasta entonces las indefinidas marcas claras y oscuras habían parecido tan borrosas en su mayoría, que los observadores pensaron que eran formaciones de nubes o manchas de niebla. Beer y Mädler fueron los primeros en determinar que algunos detalles oscuros y claros eran bastante permanentes, y fueron esos detalles los que trataron de dibujar.

El mapa no era muy bueno medido según normas más recientes, pero ellos fueron los primeros en establecer un sistema de longitudes y latitudes similar al de la Tierra. Las líneas de latitud, basadas en el ecuador y los polos, eran fáciles de definir, pero las líneas de longitud tenían que marcarse a partir de algún detalle tomado arbitrariamente como el cero. A éste, Beer y Mädler lo ubicaron en una marca pequeña y redonda que lograron ver de manera especialmente clara, y ese patrón sólo ha sido modificado muy levemente desde entonces.

Otros astrónomos en las décadas que siguieron también trataron de trazar mapas. Uno de ellos fue un astrónomo inglés, Richard Anthony Proctor, que dibujó un mapa de Marte en 1867 y estaba tan confiado en sus resultados que decidió bautizar los distintos rasgos. A las áreas oscuras las denominó océanos, mares y estrechos, mientras que a las áreas claras las llamó continentes y tierras. Designó a todos los detalles con los nombres de astrónomos, vivos y muertos.

El sistema había funcionado bien para la Luna, pero Proctor favoreció tanto a los astrónomos ingleses que los astrónomos franceses y alemanes se sintieron amargamente ofendidos y el sistema no fue aceptado.

Entonces llegó el año 1877. en que Marte tenía que alcanzar la oposición prácticamente a la mínima distancia posible. Los astrónomos, empleando los mejores instrumentos que tenían, estuvieron listos. Uno de ellos fue el astrónomo norteamericano Ashap Hall, que descubrió los dos pequeños satélites de Marte durante esta oposición... pero ésa es otra historia.

Otro fue el astrónomo italiano Giovanni Virginio Schiaparelli quien, como resultado de sus observaciones pudo dibujar el primer mapa moderno de Marte, que duró cerca de un siglo con modificaciones menores.

Aún más importante es el hecho de que Schiaparelli elaboró un nuevo sistema para denominar los rasgos marcianos, sistema que tuvo mucho más éxito que el de Proctor y que, de hecho, todavía hoy se usa.

Entre otras cosas, Schiaparelli evitó las rivalidades nacionales empleando el latín exclusivamente, y además hizo uso de nombres de lugares mediterráneos tomados de la historia antigua, de la mitología y de la Biblia. Así, al detalle oscuro que había sido observado por primera vez por Huygens, Schiaparelli lo llamó Syrtis Major ("gran pantano") pues él todavía suponía, como todos los demás, que los detalles oscuros eran agua y los detalles claros, tierra.

Desde entonces diversos rasgos marcianos han recibido nombres latinos románticos y sonoros. Una mancha clara ubicada a 135 grados de longitud marciana y unos 20 grados al norte del ecuador de Marte, recibió el nombre Nix Olympica, que yo prefiero traducir como "las nieves olímpicas".

Como Proctor, Schiaparelli observó detalles angostos y oscuros que cruzaban las regiones más claras y conectaban manchas oscuras de mayor tamaño en cada extremo. Proctor los había denominado "estrechos" y Schiaparelli los llamó "cauces". Schiaparelli dio a los distintos cauces nombres de ríos. Cuatro de ellos, por ejemplo, eran Gihón, Hidekel, Éufrates y Pisón, tomados de los cuatro ríos del Jardín del Edén. Estaban también Lethes y Nepenthes de los ríos del Hades, y estaban Orontes y Nilus de la geografía real. En todo esto no se sugería que se tratara de otra cosa que de cursos naturales de agua.

Sin embargo, al llamarlos "cauces", Schiaparelli empleó la palabra italiana *canali***,** la cual de manera bastante natural, fue traducida por la palabra inglesa "canals" . [1]

Mientras que en inglés un cauce es un curso de agua natural, un "canal" es artificial y eso constituye una enorme diferencia.

Tan pronto como los hombres comenzaron a hablar de los "canales de Marte" todo el anhelo de tener habitados los mundos del universo y todos esos raros presentimientos de que por lo menos Marte fuera un mundo como la Tierra, tuvieron su culminación.

---

[1] ***N. del T.: "Canal" por cauces.*** *lechos de ríos. etcétera*

Marte no sólo parecía estar habitado, sino que tenía que tener un elevado grado de civilización capaz de irrigar todo el planeta con gigantescas obras de ingeniería.

En realidad, fue fácil elaborar una historia muy romántica sobre Marte. Era un mundo pequeño, que tenía sólo la décima parte de la masa de la Tierra y dos quintas partes de la gravedad que tiene la Tierra en su superficie. Marte podía aferrarse a su agua tan débilmente que, poco a poco, el agua se escapó al espacio de manera que Marte se fue secando y secando en etapas muy lentas.

Luchando contra esta disecación gradual había una civilización valiente, si bien algo envejecida, que trataba de usar lo que podía de los casquetes de hielo, la última reserva de agua del planeta.

A medida que, en número cada vez mayor, los astrónomos miraban ansiosamente hacia los canales, iban apareciendo informes de fenómenos cada vez más dramáticos. En ocasiones se encontró que ciertos canales eran dobles. Allí donde los canales se cruzaban había pequeñas áreas *redondas* y *oscuras,* a las cuales en 1892 el astrónomo norteamericano William Henry Pickering propuso que se las llamara "oasis".

Sin embargo, fue en 1893 que la cuestión de los canales marcianos comenzó a florecer por completo, ya que en ese año se interesó por ella el astrónomo norteamericano Percival Lowell.

Lowell, descendiente de una aristocrática familia de Boston, tenía riquezas suficientes para darse sus gustos y construyó un excelente observatorio a 2.000 metros de altura en el árido desierto de Flagstaff, Arizona. Allí se dedicó durante quince años a un estudio de la superficie de Marte.

Dibujó mapas cada vez más elaborados, que mostraban cada vez más canales, hasta que finalmente logró dibujar quinientos. Nadie más pudo ver nada con el detalle que logró Lowell, pero eso no causó a Lowell ninguna preocupación. Sostuvo que otros astrónomos tenían peor vista y peores instrumentos, y que observaban a Marte en condiciones climáticas peores.

Lo que es más, Lowell insistió en que los canales *eran* artificiales y que Marte era el hogar de una civilización avanzada. Presentó este punto de vista al público por primera vez en un libro llamado Marte, publicado en 1895.

Por supuesto, el público siempre está preparado para aceptar lo dramático, y la visión lowelliana fue ampliamente aclamada por muchos. Entre los entusiastas estaba el escritor inglés Herbert George Wells.

En 1898, Wells publicó *La Guerra de los Mundos* siguiendo el punto de vista lowelliano. Wells describió a Marte como un mundo agonizante. Sus líderes decidieron que permanecer en Marte era un lento suicidio y que, por lo tanto, debían emigrar a la floreciente y ácuea Tierra. Las naves marcianas descendieron sobre la Tierra (todas ellas en Inglaterra, por alguna razón, aunque Wells no indica en ninguna parte que esto le parezca extraño) y procedieron a apoderarse de la isla de una manera tan brutal e indiferente como la que emplearíamos nosotros para dominar una isla habitada sólo por conejos. Los marcianos recién fueron derrotados cuando cayeron víctimas de los gérmenes deteriorantes de la Tierra, contra los cuales no tenían ninguna defensa.

Por lo que yo sé, el libro fue la primera historia sobre guerra interplanetaria que jamás se escribió y tuvo todavía más influencia que el libro de Lowell para convencer a los no astrónomos de que había vida inteligente en Marte.

Entre los astrónomos los puntos de vista de Lowell no fueron generalmente aceptados. Muchos de ellos, incluyendo algunos de los mejores observadores, simplemente no vieron los canales. Un astrónomo italiano, Vicenzo Cerulli, sostuvo que los canales eran una ilusión óptica. Alegó que había pedazos irregulares de terreno en la superficie marciana, los cuales estaban justo en el límite de visión. El ojo, en su esfuerzo por verlos, los ubicaba sobre líneas rectas.

El astrónomo francés Eugenios Marie Antoniadi hizo mapas de Marte -comenzando en 1909- que eran superiores a los de Schiaparelli y no vio ningún canal; vio manchas irregulares, como lo había sugerido Cerulli.

Y sin embargo, muchos astrónomos vieron los canales, y no parecía haber forma de resolver la cuestión de manera definitiva. Parecía que ninguno de los progresos posteriores a la época de Schiaparelli iba a servir de ayuda. Se construyeron nuevos telescopios de gran tamaño que, uno por uno, fueron dirigidos ansiosamente hacia Marte y, uno por uno, fueron cayendo derrotados. Los telescopios muy grandes aumentaban enormemente la imagen de Marte, pero también aumentaban el efecto distorsionante de los cambios de temperatura en la atmósfera. Aunque los telescopios grandes eran excelentes para estudiar el espacio profundo, no eran tan buenos para estudiar los planetas próximos, por lo menos mientras tuvieran que trabajar desde el fondo de un océano de aire.

Tampoco podía aportar nada bueno la nueva técnica de la fotografía. La fotografía de los planetas nunca era tan clara como la visión que uno podía lograr por medio del ojo puesto en el telescopio.

Por una parte, la misma placa fotográfica presentaba granos, y eso introducía un borroneo inevitable. Por la otra, las placas requerían una exposición temporal y eso daba una oportunidad a las imperfecciones atmosféricas para que oscurecieran el detalle.

Con el ojo usted podía lograr instantáneas con gran detalle en momentos en que el aire era absolutamente claro, obteniendo así un detalle que usted nunca podría lograr en la fotografía.

Así que, siempre igual hasta 1965, uno todavía podía discutir sobre si había o no canales en Marte.

Sin embargo, a medida que avanzaba el siglo XX parecía ser cada vez menos probable que los canales, aun si existieran, pudieran ser el producto de una raza avanzada de seres inteligentes que estuvieran viviendo ahora en Marte, pues a medida que los estudios continuaban, el ambiente marciano parecía ser cada vez menos hospitalario.

Así, resultó que la atmósfera marciana era más delgada que lo esperado y, lo que es más, no contenía nada de oxígeno: no era más que una bocanada de anhídrido carbónico y, posiblemente, nitrógeno.

Además Marte era aún más seco de lo que se esperaba. El planeta no tenía lagos ni mares ni pantanos, a pesar del uso de palabras latinas que parecían describir tales accidentes. No había nieve, esto parecía casi seguro, en el área de las nieves olímpicas.

Los casquetes de hielo polares parecían ser la única agua de importancia en el planeta y podían tener solamente unos pocos centímetros de espesor. Incluso podía no tratarse de agua. Parecía haber razones cada vez más importantes para pensar que los casquetes estaban hechos de anhídrido carbónico congelado.[1]

---

[1] *N. del T.: También conocido como "hielo seco"*

En esas condiciones los canales, si existieran, serían inútiles. Quizá podían haber sido útiles alguna vez, cuando Marte era más benigno y tenía más agua y más aire, pero ¿cuándo podía haber sucedido esto?... si es que alguna vez había sucedido.

No obstante, a pesar de todo, algunos astrónomos veían los canales y la mayoría de la gente creía en ellos.

No se podía hacer nada hasta que se pudiera obtener alguna vista de Marte bajo condiciones mejores que las que son posibles sobre la superficie de la Tierra. Simplemente, había que enviar instrumentos a las proximidades de Marte. El 28 de noviembre de 1964 se dio un importante paso en esa dirección cuando se lanzó una sonda a Marte, la Mariner 4. En 1965 la Mariner envió de vuelta unas veinte fotografías tomadas desde una distancia de 9.500 kilómetros sobre la superficie marciana. Las fotografías no mostraron ningún signo de canales, ningún signo de grandes realizaciones de ingeniería ni de vida inteligente. Lo que sí mostraron las fotografías fue una superficie marciana llena de cráteres diseminados, muy parecidos a la de la Luna.

Otros datos enviados por la Mariner 4 parecían mostrar que la atmósfera marciana era aún más delgada que la estimación más pesimista, y el ambiente marciano aún más hostil.

El 30 de mayo de 1971 otra sonda marciana, la Mariner 9, fue lanzada y dirigida hacia el planeta. El 14 de noviembre de 1971 se la colocó en órbita cerca de 1.600 kilómetros sobre la superficie de Marte. Esta vez no era sólo cuestión de pasar cerca y tomar la foto que se pudiera; la Mariner 9 estaba destinada a dar vueltas alrededor de Marte indefinidamente y tomar fotografías por un período prolongado y, si todo iba bien, debía trazar mapas de toda la superficie.

Mientras la Mariner 9 estaba en camino hacia Marte se desató una tormenta de polvo sobre el planeta que continuó durante meses, oscureciendo la superficie de aquel mundo por completo. La Mariner 9 debió esperar. A fines de diciembre de 1971 todavía persistía la tormenta de polvo, y el 2 de enero de 1972 la Mariner 9 comenzó a sacar sus fotografías. Con el tiempo se logró obtener un mapa de todo el planeta y pronto quedó claro que las secciones limitadas que habían sido fotografiadas en misiones anteriores, después de todo, no habían sido representativas del planeta en su conjunto. En verdad, había grandes áreas que estaban fuertemente perforadas por cráteres que parecían de naturaleza lunar, pero éstas se limitaban principalmente a un hemisferio del planeta.

El otro hemisferio no se parecía a nada de lo que había en la Luna, ni tampoco en la Tierra.

La característica más sorprendente resultó ser Nix Olímpica. Por supuesto que no había nieves, pero lo que había era mucho más que el Monte Olimpo de los griegos, bastante poco imponente. Nix Olímpica, las Nievas Olímpicas, era un volcán, un volcán gigantesco de quinientos kilómetros de ancho en la base y, por lo tanto, dos veces más ancho que el volcán más grande de la Tierra... el que forma la isla de Hawai. El cráter de la cumbre tiene sesenta y cinco kilómetros de ancho. Se observaron volcanes marcianos más pequeños en las proximidades de Nix Olímpica. Marte estaba vivo... pero no en el sentido lowelliano.

Al sudeste de los volcanes hay un sistema de cañones marcianos que también empequeñece todo lo que conocemos en la Tierra. Se extiende a través de una distancia igual a todo el ancho de los Estados Unidos; los cañones son hasta cuatro veces más profundos que el Gran Cañón del Colorado y hasta seis veces más anchos, pero por sí mismos no alcanzan a explicar los canales de Lowell.

En realidad, no había canales. Una vez que se hubo fotografiado toda la superficie de Marte con detalle meticuloso no hay nada que pueda representar lo que creyeron ver Schiaparelli, Lowell y algunos otros. Después de todo era una ilusión óptica y los canales marcianos que habían existido en las mentes de los hombres y en una cantidad innumerable de cuentos de ciencia-ficción (incluyendo algunos míos) llegaron al fin de su vida centenaria.

Y Marte se convirtió en el tercer mundo del cual hay mapas detallados.

Además las sondas marcianas alcanzaron a divisar los pequeños satélites de Marte, objetos irregulares con forma de patata y con cráteres casi tan grandes como ellos mismos.

En 1974 una sonda dirigida a Mercurio obtuvo un mapa de casi toda la superficie de aquel planeta, el más pequeño y el más próximo al Sol, y resultó que también era otro mundo fuertemente perforado por cráteres. Parecía una Luna picada más finamente, ya que los cráteres individuales son más pequeños en comparación con el tamaño de Mercurio, que es notablemente mayor que el de la Luna.

De manera que, de todos los mundos permanentes[1] del sistema solar interior solamente Venus carece de un mapa detallado, ya que sólo él tiene una superficie tapada por las nubes. (La Tierra también está tapada por nubes, pero nosotros estamos debajo de las nubes de la Tierra.)

No todo está perdido, sin embargo, Venus ha sido observado por medio del radar, el cual puede penetrar la capa de nubes, pegar en el terreno y reflejarse en él. A partir de cambios en la naturaleza del rayo de radar después de la reflexión se pueden extraer algunas conclusiones sobre la naturaleza del terreno y así se han diagramado, aproximadamente, algunas cadenas montañosas sobre la superficie venusina.

Y, ¿qué sucede con las vastas extensiones que hay más allá de la órbita de Marte?

La Pioneer 10, una sonda enviada a Júpiter que pasó cerca de aquel planeta en diciembre de 1973, envió entre sus datos una foto de Ganímedes, el más grande satélite de Júpiter. Ganímedes, con una masa que duplica la de nuestra Luna, es el satélite más pesado del sistema solar.

La foto es realmente muy confusa, pero todo lo que se había visto hasta entonces de Ganímedes mediante instrumentos había sido un punto de luz o, en el mejor de los casos, un disco pequeño sin ningún rasgo aparente. De modo que esta nueva fotografía representa un progreso enorme.

La foto parece mostrar algo equivalente a un gran mar lunar (“mare”) cerca del polo Norte de Ganímedes, y un mar más pequeño cerca del ecuador. También hay signos de grandes cráteres.

La Pioneer 11, que está en camino hacia Júpiter mientras escribo[2] puede decirnos todavía más, y yo sospecho que estamos a punto de recibir más sorpresas. Ganímedes y Callisto, los más exteriores de los cuatro satélites mayores de Júpiter, tienen densidades tan bajas que se espera que estén principalmente constituidos por hielo de agua y por hielo de amoníaco. Las Nieves del Olimpo que perdimos en Marte pueden reaparecer aquí en cantidades enormes.[3]

---

[1] *N. del A.: Al emplear esta palabra quiero significar que excluyo a los asteroides, meteoritos y cometas que andan rondando por el sistema solar inferior cuando se encuentran en un extremo de sus órbitas alargadas.*

[2] ***N. del T.: Recordar que este artículo fue escrito en junio de 1975.***

[3] ***N. del A.: Desde que este artículo apareció por primera vez, Nix Olympica ha sido rebautizada como“Olympus Mons”(Monte Olimpo), y el Pioneer I I ha tomado fotografías que muestran casquetes de hielo en Callisto.***

V. SORPRESA TITÁNICA

Con mayor o menor recelo, suelo esperar la aparición de descubrimientos científicos que puedan derribar por completo algún artículo que yo haya escrito con anterioridad. De vez en cuando ello ocurre y aunque debería estar, y lo estoy, deleitado al ver que el progreso científico convierte lo que esta mal desde el punto de vista más especulativo en lo que resulta estar bien desde un punto de vista menos especulativo, también soy lo bastante humano como para llorar la muerte del artículo.

Bueno, ¡venga ese pésame! Allá por el número de mayo de 1962 de *F & SF* yo escribí un artículo titulado *«¡Por Júpiter!»*[1], que después apareció en mi colección de ensayos *Visto desde lo Alto* (Doubleday, 1963). En este artículo seguía yo las especulaciones de Carl Sagan en el sentido de que, por un efecto similar a lo que se da en un invernadero, Júpiter podría tener una temperatura confortable con una atmósfera densa y un océano vasto y apacible, ambos con la cantidad justa de componentes que evolucionarían fácilmente hacia estructuras con vida. Incluso llegué a calcular que la masa de materia viviente en los océanos de Júpiter podría ser tan grande como para equivaler a la octava parte de la masa total de nuestra Luna.

Mas, ¡ay!, a partir de los datos enviados por la Pioneer 10, la sonda a Júpiter, parece que la visión de un Júpiter confortable es incorrecta. Esencialmente, el planeta es una gota de hidrógeno liquido que se encuentra a una temperatura superior a la del rojo blanco. Tan sólo mil kilómetros más abajo de las capas de nubes, con sus gélidas temperaturas bien por debajo del cero, la temperatura es ya de 3.600 ºC, y esa temperatura continúa subiendo hasta alcanzar unos 54.000 °C en el centro.

El hidrógeno líquido hierve a los –253º C en condiciones terrestres, sólo veinte grados por encima del cero absoluto; pero las presiones de Júpiter lo mantienen líquido a temperaturas que están muy por encima de la temperatura de la superficie del Sol.

Por supuesto que todavía podemos imaginarnos alguna forma de vida en Júpiter. A medida que la temperatura va subiendo cuando vamos descendiendo desde las gélidas nubes, debe pasar por un nivel donde la temperatura es tan confortable como aquí en la Tierra. El hidrógeno líquido con sus impurezas (amoníaco, metano, etc.) sube y baja en un movimiento de circulación lento y majestuoso, y puede emplear un año para subir a través de la zona tibia, dar la vuelta en alguna parte y tardar otro año para atravesarla de nuevo hacia abajo.

Si hay vida en Júpiter, la misma puede habitar en esas columnas que suben y bajan, transbordándose desde las que suben a las que bajan cuando la temperatura se pone muy fría, y de las que bajan a las que suben cuando se pone muy alta.

No obstante tengo el ánimo dispuesto para salir en busca de otro mundo para mi ardiente interés hacia las formas de vida poco probables, así que me parece que deberé recorrer los mundos del sistema solar con cierto cuidado, clasificándolos según sus masas.

En obsequio de la elegancia, usaré una escala de diez (1, 10, 100, 1.000, 10.000 y 100.000) para trazar las líneas divisorias. Para lograr resultados interesantes elegiré la masa de nuestra vieja y querida Luna (73.500.000.000.000.000.000.000 kilogramos) igual a 1 M.

---

[1] ***N. del T.: Esta es una expresión anglo-americana que suele emplearse para denotar sorpresa.***

Comencemos por el extremo superior de la escala y consideremos los objetos con masas de más de 100.000 M (es decir, más de 100.000 veces la masa de la Luna).

El único objeto de esta clase en el sistema solar es el Sol, que tiene una masa de 27.000.000 M. Por supuesto que es una estrella y es completamente gaseoso. En su mayor parte, el gas que lo compone es del tipo que conocemos en la Tierra, a excepción del hecho de su temperatura enormemente elevada. Hacia el centro del Sol la temperatura es lo bastante alta como para romper los átomos y producir un gas nuclear.

Las estrellas enanas blancas son, en su mayor parte, gas nuclear, las estrellas neutrónicas son una especie de sólido nuclear y los agujeros negros son quién-sabe-qué: pero en su mayor parte las estrellas son un gas de la variedad que ahora conocemos con el nombre de "plasma" porque los efectos desmenuzantes de la alta temperatura producen fragmentos atómicos cargados eléctricamente.

Los astrónomos están de acuerdo en que cualquier masa de materia mayor que una cierta cantidad crítica termina por convertirse en una estrella, una vez que se ha comprimido lo suficiente bajo la atracción de su propio campo gravitatorio. Si la masa es lo bastante elevada, las presiones y temperaturas en el centro alcanzarán el punto de ignición de la fusión nuclear y eso convertirá al objeto en un gas caliente.

Cuál puede ser exactamente esa cantidad de masa crítica que hace que un objeto se convierta en una estrella, es algo que no puede decirse con mucha precisión porque, por una parte, varía algo con las propiedades de la masa. No obstante, un objeto que tenga sólo la décima parte de la masa del Sol todavía sería una estrella, aunque sería una "enana roja", que produciría calor nada más que suficiente para que la superficie se vuelva roja.

Objetos aún más pequeños podrían ser "enanas infrarrojas gaseosas" las cuales no serían tan calientes como para brillar de manera visible. Que yo sepa, ninguno de estos objetos ha sido observado de manera inequívoca, pero eso no es sorprendente. Deben ser tan pequeños, y enviar tan poca energía que la detección debería ser realmente difícil.

Pero quizá los hayamos visto sin darnos cuenta del todo. Consideremos que Júpiter es en apariencia casi lo bastante pesado como para llenar el requisito. Irradia tres veces más energía al espacio que la que recibe del Sol, y esto posiblemente se debe a que, en una medida muy pequeña, se produce la fusión en su centro, la fusión que puede ayudar a mantener la bola de liquido tan caliente como lo está.

De manera que si Júpiter fuera un poco más grande, tendría lugar más fusión, la suficiente para hacer de la masa un gas denso que estaría notablemente caliente, si no completamente al rojo, en la superficie. Pero, ¿conocemos algún objeto más grande (pero no mucho más grande) que Júpiter?

Sí que lo conocemos. La estrella débil, más bien próxima, llamada 61 Cygni es en realidad una estrella binaria cuyos miembros se denominan 61 Cygni A y 61 Cygni B. En 1943 el astrónomo holandés-americano Peter van de Kamp informó que una de esas estrellas se balanceaba levemente, y dedujo el efecto gravitacional de una compañera oscura, 61 Cygni C, un planeta cerca de ocho veces más pesado que Júpiter. De ser así, su masa es de cerca de 200.000 M y, si esto es correcto, conjeturo que es una estrella enana infrarroja.

Pasemos entonces al próximo escalón, el que se encuentra entre 100.000 M y 10.000 M.

En este rango cae solamente un objeto conocido: el planeta Júpiter, que tiene una masa de 26.000 M. Aun cuando es lo suficientemente grande como para iniciar unas pocas efímeras reacciones de fusión en su centro, la energía generada de esta manera no es bastante como

para convertirlo en gaseoso, así que es un cuerpo líquido. Quizá podríamos llamarlo una subestrella, más bien que un planeta gigante.

En el rango entre 10.000 M y 1.000 M caen tres cuerpos conocidos:

Saturno	7.750 M
Neptuno	1.400 M
Urano	1.200 M

Se sabe que la densidad de Saturno es solamente cerca de la mitad de la Júpiter. La mejor forma de explicar eso es suponer que es, en parte, gaseoso. Su menor masa y, por lo tanto, su campo gravitatorio menos intenso, quizá no pueda comprimir su hidrógeno con tanta fuerza y permita que gran parte de él se evapore como gas.

Urano y Neptuno son aproximadamente tan densos como Júpiter. Sus temperaturas más bajas pueden permitir que una mayor parte de su estructura sea líquida aun cuando sus campos de gravitación son considerablemente menos intensos que los de los dos planetas mayores. No obstante, puede haber cantidades sustanciales de gas allí. Yo supondría que los planetas en este rango son parcialmente líquidos y gaseosos en su constitución.

En el rango de 1.000 M hasta 100 M, nos encontramos enfrentados con una situación sorprendente. No hay ningún cuerpo conocido en el sistema solar en ese rango de masas. ¡Ninguno!

¿Es eso simple coincidencia o tiene algún significado? ¿Puede ser que el valor de 100 M (o algo próximo a éste) sea una masa crítica?

Por ejemplo, ¿puede ser que si algún objeto se condensa hasta formar un cuerpo compacto y tiene una masa menor que 100 M, carece de un campo gravitatorio lo suficientemente intenso como para juntar y retener el hidrógeno que constituye la gran mayoría de la nube cósmica común de la cual se formaron las estrellas y los planetas? En ese caso, el objeto debería seguir siendo pequeño y tener una masa menor que 100 M, ya que debe estar constituido por sustancias que no sean hidrógeno, las cuales no existen en cantidades abundantes.

Por otra parte, si un objeto compacto resulta tener una masa mayor que 100 M, puede poseer un campo gravitatorio lo suficientemente intenso como para recoger algunas cantidades de hidrógeno de la nube cósmica. Cuanto más recoge, mayor es su masa, más intenso su campo gravitatorio y más fácilmente puede recoger todavía más hidrógeno. En otras palabras, en masas de más de 100 M tendríamos un "efecto de bola de nieve" y terminaríamos con un cuerpo de más de 1.000 M.

Puede ser por esa razón, entonces, de que haya objetos de menos de 100 M y objetos de más de 1.000 M, y nada en el medio.

A renglón seguido desplacémonos al otro extremo de la escala, el de los objetos de menos de 1 M. Si consideramos los objetos conocidos que tienen masas menores que la de la Luna, podemos poner en la lista la mayoría de los satélites del sistema solar, algunos cientos de miles de asteroides y números incontables de meteoritos y micrometeoritos.

Lo que todos ellos tienen en común es que son sólidos. Sus campos gravitatorios son demasiado débiles como para adherir a sus superficies moléculas que sean gaseosas o líquidas a las temperaturas reinantes. Los únicos materiales que pueden constituir cuerpos tan pequeños son sustancias metálicas o rocosas compuestas por átomos que se mantienen juntos

por las interacciones electro-magnéticas interatómicas, que son enormemente más fuertes que las interacciones gravitatorias que pueden producir cuerpos tan pequeños.

Si el cuerpo es lo bastante frío también puede estar constituido por sustancias sólidas que a temperaturas terrestres solemos considerar como líquidas o gaseosas. Dichos volátiles sólidos se denominan “hielos”.

Las únicas excepciones a esta regla de solidez entre los objetos menores son los cometas. Los cometas se formaron originalmente en regiones ubicadas mucho más allá de las órbitas planetarias, donde la radiación solar es lo suficientemente pequeña como para ser ignorada y donde la temperatura probablemente no está muy por encima del nivel general de la radiación de fondo del universo, que está solamente tres grados por encima del cero absoluto, o sea a -270 ºC.

En esas condiciones todo, menos el helio, es sólido y los cometas están formados por grava rocosa entremezclada con hielo, algunas veces con un núcleo rocoso en el centro. En tanto los cometas de roca y hielo permanezcan en sus órbitas transplutonianas, serán cuerpos sólidos permanentes, tan permanentes como los asteroides que giran alrededor del Sol entre las órbitas de Marte y Júpiter.

Sin embargo, cuando surgen perturbaciones gravitacionales originadas en las estrellas distantes o en los planetas interiores, ciertos cometas toman órbitas alargadas que los llevan al sistema solar interior relativamente cerca del Sol y los hielos se evaporan. El objeto, entonces, se vuelve en parte sólido y en parte gas (o sólido/polvo/gas).

El campo gravitatorio del cometa, siendo prácticamente nulo, no puede retener el gas ni el polvo que se forma, el cual rápidamente debería difundirse por el espacio y esparcirse de un extremo al otro de la órbita del cometa. En realidad, es barrido por el viento solar. A cada pasada cerca del Sol le roban parte de su materia y, en un abrir y cerrar de ojos en la escala temporal geológica, queda reducido al núcleo rocoso si lo tiene, o a nada si no lo tiene.

Entonces, podemos decir que cualquier objeto permanente de masa menos que 1 M es sólido. Volvamos atrás a los rangos que hemos pasado por alto. En el rango de 100 M a 10 M conocemos exactamente dos cuerpos, ambos planetas, y ellos son:

La Tierra	81,6 M
Venus	69.1 M

La Tierra y Venus son principalmente sólidos, como los cuerpos de masa menor que 1 M, pero tienen campos gravitatorios lo bastante intensos como para retener una envoltura gaseosa, delgada en comparación con las atmósferas de los cuerpos más grandes pero, a pesar de ello, significativamente gruesa.

Venus es tan caliente que ninguno de los componentes principales de su materia volátil puede existir en forma de liquido. Es un objeto sólido/gaseoso.

La Tierra es lo suficientemente fría como para tener agua en estado líquido y en gran cantidad. Es un cuerpo sólido/líquido/gaseoso.

Podríamos sostener que la vida, tal como la conocemos, sólo puede formarse sobre un cuerpo sólido/líquido/gaseoso, aunque eso puede justamente indicar lo restringido de nuestras opiniones sobre lo que es correcto y apropiado.

En el rango de 10 M a 1 M existen nueve cuerpos conocidos, tres planetas y seis satélites:

Marte	9.0 M

Plutón	9,0 M
Mercurio	4.5 M
Ganímedes	2.0 M
Titán	1,6 M
Tritón	1.5 M
Callisto	1.4 M
Io	1,2 M
La Luna	1.0 M

La distinción entre planetas y satélites es más bien arbitraria y parece una vergüenza amontonar un cuerpo grande como Ganímedes con uno tan insignificante como Deimos. Yo sugería que los nueve cuerpos de este rango se denominaran “subplaneta”.

El más pesado de los subplanetas, Marte, posee una atmósfera, pero es delgada. La atmósfera marciana tiene una densidad que es solamente un centésimo de la de la Tierra y un diezmilésimo de la de Venus. Y, sin embargo, la atmósfera marciana es lo bastante gruesa como para producir nieblas ocasionalmente, para resistir tormentas de polvo, para brindar protección contra los meteoritos... así que merece el nombre de atmósfera. Marte es un sólido/gaseoso.

Del menos pesado de los subplanetas, la Luna, se considera a menudo que no tiene atmósfera. En realidad, el espacio inmediatamente próximo a su superficie tiene una densidad numérica de átomos que es más elevada que las de las regiones del espacio exterior que se encuentran lejos de todo objeto pesado, de manera que puede decirse que tiene un “vestigio de atmósfera”, con una densidad que es cerca de un billonésimo de la densidad terrestre.

Esta no debería producir ningún efecto observable de los que generalmente asociamos a las atmósferas, de manera que para nuestros fines la ignoraremos y pensaremos que la Luna es solamente sólida.

¿Qué sucede con los cuerpos intermedios? ¿Dónde está el límite entre tener atmósfera, y no tenerla,?

La frontera es difícil de trazar porque en el rango de los subplanetas no solamente depende de la masa del cuerpo sino de su temperatura. Cuanto más alta sea la temperatura, más rápidamente se moverán los átomos y moléculas de los gases, y más rápidamente se escaparán al espacio exterior. Un cuerpo dado en el rango subplanetario podría retener una atmósfera si estuviera lejos del Sol, y no hacerlo si estuviera cerca del Sol, aunque fuera el mismo en todo otro aspecto... Así que examinaremos esta cuestión con más detalle.

En el sistema solar interior las únicas sustancias con probabilidad de formar una atmósfera considerable son el agua, el anhídrido carbónico y el nitrógeno[1]. En el sistema solar exterior las únicas sustancias con probabilidad de formar atmósferas importantes en los subplanetas son el agua, el amoníaco y el metano.

De los subplanetas, sólo Mercurio, la Luna y Marte están en el sistema solar interior. Mercurio no es mucho más caliente que Venus, que tiene una atmósfera densa. Sin embargo, Mercurio sólo tiene una decimoquinta parte de la masa de Venus y carece de la energía gravitatoria para producir el efecto. Si fuera un cuerpo frío seguramente retendría alguna

[1] ***N. del A.: No menciono al oxígeno porque no es probable, de ningún modo, que exista en una atmósfera que no contenga alguna forma de vida. Sobre la Tierra. es el producto de la fotosíntesis en las plantas.***

atmósfera de algún tipo, pero estando tan cerca del Sol como lo está, no puede. En el mejor de los casos sólo tiene un vestigio de atmósfera.

Marte, que tiene el doble de la masa de Mercurio y es mucho más frío, no tiene problemas para retener una atmósfera. A su baja temperatura el agua se congela para formar hielo, de modo que su atmósfera contiene solamente anhídrido carbónico y (probablemente) nitrógeno[1].

Entonces, movámonos más afuera y consideremos los seis subplanetas del sistema solar exterior. No menos de tres de ellos: Ganímedes, Callisto e lo, son satélites de Júpiter. (Hay un cuarto satélite de Júpiter de tamaño adecuado, Europa, pero es menos pesado que los otros tres y con una masa de menos de 0,6 M cae por debajo del rango subplanetario así que, según mis criterios reconocidamente arbitrarios, debe ser clasificado como un "objeto menor".)

Júpiter está 5,2 veces más lejos del Sol que la Tierra, y las temperaturas en su sistema de satélites son lo suficientemente bajas como para congelar no solamente el agua (que se solidifica a 0 ºC) sino también el amoníaco (que se congela a -33 ºC).

En realidad, Ganímedes y Callisto tienen densidades que sólo llegan a la mitad de la de la Luna y a la tercera parte de la de la Tierra. Esto sólo puede ser de esta manera si una porción considerable de su volumen está constituida por algo menos denso que la roca. Puede suceder entonces que estos subplanetas estén principalmente constituidos por hielo (agua y amoníaco).

En cuanto a Io (y también a Europa), su densidad es similar a la de la Luna, de manera que debe estar formado principalmente por rocas. Pero en este caso por lo menos la superficie está probablemente cubierta por una escarcha de hielo.

Eliminados el agua y el amoníaco sólo queda el metano como posible componente atmosférico. El metano no se licua hasta que se alcanza una temperatura de -162 ºC y no se congela hasta que se llega a los -182 ºC. A la temperatura de los satélites de Júpiter, entonces, todavía es un gas: y a esa temperatura los campos gravitatorios de esos satélites todavía son insuficientes para retenerlos.

Por lo tanto, los satélites de Júpiter no tienen más que vestigios de atmósfera. (El vestigio de atmósfera de Io ha sido ciertamente detectado. Su densidad es cerca de un milmillonésimo de la de la Tierra, pero es mil veces mayor que la de la Luna. Cosa curiosa, contiene sodio... pero los vestigios de atmósfera pueden tener toda clase de componentes curiosos. Las atmósferas importantes tienen que ser más serias.)

Hay tres subplanetas en las regiones ubicadas más allá de Júpiter. Estos son, en orden ascendente de distancias: Titán (el satélite más grande de Saturno), Tritón (el satélite más grande de Neptuno) y Plutón (el objeto más lejano que se conoce en el sistema solar, aparte de los cometas).

Plutón y Tritón están ambos tan lejos del Sol que sus temperaturas son lo suficientemente bajas como para congelar incluso al metano. Las únicas sustancias que seguirán siendo gaseosas a las temperaturas de Plutón y Tritón son el hidrógeno, el helio y el neón, y éstos son tan livianos que aun a temperaturas tan bajas los campos gravitacionales de los subplanetas probablemente no lograrán retener más que vestigios.

Ambos cuerpos son tan distantes (en sus puntos más próximos cada uno esta a más de 4.000 millones de kilómetros), que no es probable que logremos evidencias directas sobre lo que nos interesa por un buen rato.

---

[1] ***N. del T: las sondas Viking. descendidas en Marte a mediados de 1976. revelaron que su atmósfera contiene nitrógeno, anhídrido carbónico y también oxígeno.***

Lo cual nos deja solamente a Titán...

Por su peso, Titán es el segundo satélite del sistema solar, solo segundo de Ganímedes, lo cual constituye una propiedad útil si andamos en busca de una atmósfera. La temperatura de Titán es de cerca de -150 ºC, quince grados menos que la de Ganímedes y los otros satélites de Júpiter. A la temperatura de Titán el metano todavía es gaseoso, pero está bien cerca de su punto de licuefacción y sus moléculas son verdaderamente perezosas.

A la temperatura de Titán el metano podría congelarse bajo la forma de un compuesto sin cohesión con el agua, para luego ser liberado por el calor interno que Titán puede tener, y adherido a la superficie por el campo gravitacional de Titán. La combinación de la masa y la baja temperatura de Titán crearían las condiciones necesarias.

En 1944, el astrónomo holandés-americano Gerard Peter Kuiper detectó una atmósfera alrededor de Titán y encontró que consistía en metano. Aunque hoy podemos explicar por qué esto es así a posteriori, en el momento del descubrimiento fue una sorpresa titánica (¡ajá!). Lo que es más, la atmósfera es importante y muy probablemente más densa que la de Marte.

Titán es el único satélite del sistema solar del cual se sabe que tiene una atmósfera real, y el único cuerpo en el sistema solar que tiene una atmósfera principalmente constituida por metano.[1]

El metano ha sido detectado en las atmósferas de Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, pero existe como componente minoritario en atmósferas formadas principalmente por hidrógeno.

El metano (CH_3) es un compuesto del carbono, y el carbono es un elemento único.[2] Las moléculas de metano (a diferencia de las del agua y del amoníaco) pueden romperse bajo el embate de la radiación solar y recombinarse para formar moléculas más grandes.

Así, el Pioneer 10 ha localizado en la atmósfera de Júpiter no solamente al mismo metano, sino también etano (C_2H_6), etileno (C_2H_4) y acetileno (C_2H_2). Indudablemente también existen moléculas más complicadas con más átomos de carbono, pero en concentraciones sucesivamente más bajas que las hacen más difíciles de detectar. Podrían ser fragmentos formados por tales compuestos más complicados del carbono los que producen las bandas marrones y amarillas en Júpiter y los que podrían explicar el color anaranjado de las regiones ecuatoriales de Saturno.

En las atmósferas de los planetas gigantes, sin embargo, las moléculas de metano chocan entre sí de manera relativamente poco frecuente, ya que se les cruzan en el camino las moléculas de hidrógeno, que son más abundantes. En Titán, donde la atmósfera es casi completamente metano, las reacciones pueden tener lugar con mayor facilidad. Seguramente la radiación del lejano Sol es débil, de modo que las reacciones tendrán lugar más lentamente que en la Tierra, por ejemplo, pero por lentas que pudieran ser, estas reacciones han tenido casi cinco mil millones de años de tiempo para producirse.

Por lo tanto, puede resultar que la atmósfera de Titán tenga, como constituyente minoritario, una mezcla muy complicada de gases orgánicos que sea la responsable del color anaranjado del satélite. En realidad, Titán puede poseer una cubierta nubosa anaranjada que oculte su superficie por completo. En lo que respecta a esa superficie oculta, puede estar

[1] ***N. del A.: También hay hidrógeno en la atmósfera de Titán, según se ha descubierto recientemente, y como el campo gravitatorio de Titán no puede retener el hidrógeno. Se ha elaborado una teoría interesante para explicar su presencia. pero ésa es otra historia.***

[2] ***N. del A.: Véase "Uno y el único" en The Tragedy of the Moon (Doubleday, 1973). (En castellano: La tragedia de la Luna, Alianza.)***

cubierta por un lodo o alquitrán de hidrocarburos. O puede haber un océano de hidrocarburos disueltos en metano (esta solución se licua a una temperatura mayor que la que requiere el mismo metano), de modo que Titán podría estar cubierto por un mar de petróleo.

Y, ¿no podría ocurrir que estos compuestos orgánicos, ubicados en un mundo que, como la Tierra, podría ser del tipo sólido/líquido/gaseoso, den forma a compuestos muy complejos y versátiles de un tipo del cual nada sabemos porque serían demasiado frágiles para existir a las temperaturas terrestres? ¿Puede haber en Titán una forma de vida basada en el metano frío que nos brinde algún día alguna otra sorpresa titánica? Algún día podremos averiguarlo.

APÉNDICE: También pueden tener ustedes un resumen de mi clasificación de los cuerpos astronómicos de este artículo:

Masa	*Clase de objeto*	*Estado físico*	*Ejemplo típico*
+ de 100.000 M	Estrellas	Gas	El Sol
10.000 / 100.000M	Subestrellas	Líquido	Júpiter
1.000 /10.000 M	Planetas gigantes	Líquido/gaseoso	Saturno
100 / 1.000	-	-	-
10 / 100M	Planetas	Sólido/líquido/gaseoso	La Tierra
		Sólido/gaseoso	Venus
1 / 10 M	Subplanetas	Sólido/líquido/gaseoso	Titán
		Sólido/gaseoso	Marte
		Sólido	Ganímedes
- de 1 M	Objetos menores	Sólido/gaseoso	Cometa Halley
		Sólido	Europa

VI. GIRANDO AL REVÉS

E1 otro día, durante la redacción de un artículo que estaba preparando, hizo falta determinar con qué velocidad se mueve alrededor de Saturno el borde interior de su anillo. Como soy una persona bastante haragana, mi primera intención fue buscar ese dato, así que comencé a recorrer mi biblioteca de referencias. Cuando me fallaron los primeros libros de referencias, con los que había contado confiadamente, me fastidié y recorrí todo lo que tenía. No sirvió para nada. En muchos lugares distintos encontré cuál sería el período de revolución de partículas del anillo que estuvieran ubicadas en la división de "Cassini"[1] si hubiera allí alguna partícula, pero en ningún lado pude encontrar el período del borde más interior.

Me sentí contrariado y, por un momento, pensé que debía revisar mi artículo de manera que ya no fuera necesaria esa información, pero eso me pareció una cobardía. Decidí repasar la lista de los satélites de Saturno, sus distancias y períodos de revolución, para ver si podía elaborar algo que me ayudara con los anillos. Puse manos a la obra y en cinco minutos había redescubierto la tercera ley de Kepler.

Esto me sumió en la desesperación ya que, como ustedes comprenderán, el primer requisito para redescubrir la tercera ley de Kepler es haberla olvidado, y para que yo la haya olvidado la estupidez de mi cerebro debe ser poco común, ya que he escrito artículos sobre la tercera ley de Kepler.[2]

Por un rato me sentí demasiado desconcertado como para continuar trabajando pero, ¿de qué te sirve ser inteligente si no puedes idear un argumento bueno y sustancioso para probar la existencia de dicha inteligencia, aun cuando haya clarísimas evidencias en sentido contrario?[3]

Razoné de la siguiente manera: un sujeto sin inteligencia ni siquiera sabría que existe la tercera ley de Kepler. Un sujeto inteligente sabría que la tercera ley de Kepler existe y la recordaría. Un sujeto súper-inteligente (¡ajá!) sabría que la tercera ley de Kepler existe, pero podría olvidarla libremente, ya que siempre podría redescubrirla.

Esta pequeña tontería me animó tanto que no solamente calculé el período de revolución del borde interior de los anillos de Saturno y volví al trabajo, sino que incluso empecé a considerar cómo podría usar tanto conocimiento para escribir un artículo distinto para mis Amables Lectores. Y aquí lo tienen...

No había nadie cerca para presenciar la formación del sistema solar, pero una conjetura muy razonable afirma que originalmente hubo una nube de polvo y gas que se fue soldando gradualmente bajo la influencia de su campo gravitatorio conjunto. El campo gravitatorio se intensificaba constantemente a medida que el material se iba condensando y, de esa manera, aceleraba la condensación del resto del material. Presumiblemente la condensación produjo nuestro Sol actual, pero no es probable que lo haya hecho en un solo proceso uniforme. Debe haberse producido la formación de subcondensaciones, de modo que hubo una etapa durante la formación del sistema solar en la cual había pedazos innumerables de material helado o rocoso ya formado chocándose, rozándose, rompiéndose, volviéndose a soldar, etc., y la mayoría yendo a parar al cuerpo central.

También es razonable suponer que, a medida que la nube original de polvo y gas se iba uniendo para formar el Sol ubicado en el centro, que es mucho menos voluminoso que la nube original, la velocidad de rotación iba aumentando. La razón para esto reside en que el impulso angular de un sistema cerrado debe conservarse. El impulso angular no sólo depende de la velocidad de rotación, sino también de la distancia del objeto que gira al centro. Si esa

---

[1] *N. del T.: La .división de Cassini es una franja oscura que separa a los anillos de Saturno en una región exterior y otra interior.*

[2] *N. del A.: Véase " Armonía en el cielo" en* From Earth to Heaven *(Doubleday, 1966).*

[3] *N. del A.: Véase capítulo XV.*

distancia media disminuye por la condensación, entonces la velocidad de rotación debe aumentar para compensar dicha disminución.

A medida que el Sol que se va soldando gira cada vez más rápido, el efecto centrífugo que tiende a arrojar las cosas hacia fuera del centro se va haciendo más marcado, especialmente allí donde la velocidad de rotación es mayor: en la región ecuatorial del cuerpo en formación. A medida que el Sol progresa en su proceso de formación se convierte en un elipsoide, del cual sobresale mucho una parte de la materia de las regiones ecuatoriales, que va formando una lámina de espesor decreciente.[1]

La materia que forma parte de esta lámina ecuatorial puede unirse para formar conglomerados de materia menores que el cuerpo central, conglomerados que continuarán moviéndose alrededor del Sol, apresados por el fuerte campo gravitatorio de dicho cuerpo y separados del Sol y entre sí por distancias suficientemente grandes como para estar a salvo de colisiones o cuasi-colisiones que pudieran alterar drásticamente sus órbitas. Y así venimos a dar con un conjunto de planetas que giran alrededor del Sol.

Si de verdad ésta es la manera en que se forman los planetas, entonces vemos que éstos poseen ciertas propiedades. Por ejemplo, están formados a partir de aquella pequeña fracción de la nube original que representa el abultamiento ecuatorial, de modo que los planetas deben ser mucho más pequeños que el Sol central. Además, también la nube original -incluyendo el abultamiento ecuatorial- estaba moviéndose en conjunto “en una sola pieza”, por así decir, de modo que uno esperaría que los planetas habrán de girar alrededor del Sol en la misma dirección en la cual el Sol gira alrededor de su eje (“movimiento directo”). Además, el plano de la órbita planetaria debería estar en el plano del ecuador solar (la “inclinación” debería ser igual a cero) y el planeta debería moverse en una órbita más o menos circular (la “excentricidad” debería ser igual a cero).

Todo esto es válido para los planetas. Todos ellos juntos tienen una masa que es aproximadamente 1/750 de la del Sol. Cada uno de ellos gira alrededor del Sol en la misma dirección en la cual el Sol rota alrededor de su eje. Todos ellos se mueven en órbitas que son casi circulares y los planos de todas las órbitas están bastante cerca del plano del ecuador solar.

El hecho de que todas estas cosas sean ciertas no puede ser una coincidencia. Si los planetas se hubieran formado sin depender del Sol para nada, podrían girar alrededor de éste en cualquier plano y con cualquier grado de excentricidad. No hay ninguna razón forzosa en la mecánica celeste por la cual no puedan hacerlo. Los cometas giran en torno del Sol en cualquier plano y con cualquier excentricidad.

Sin embargo, el hecho es que cada planeta se mueve de modo directo y con excentricidad e inclinación muy pequeñas. Esto significa que existe alguna clase de vínculo, algo que evita que los planetas tengan inclinaciones y excentricidades elevadas. Precisamente intentando imaginar cuál podría ser dicho vínculo, los astrónomos han elaborado esta noción de una nube con un abultamiento ecuatorial que se va condensando. El modelo explica el diseño planetario del sistema solar.

En lo que respecta a los cometas, ellos son los restos de la nube de polvo original que formó al Sol y a los planetas, restos que estaban tan alejados que no participaron en la condensación. Hubo subcondensaciones que dieron lugar a los cometas pequeños y helados que ahora están distribuidos alrededor del Sol en una enorme esfera hueca y, por esa razón, no están sujetos a las condiciones que rigen para los planetas.

---

[1] *4. N. del A.: La mayor parte del impulso angular del sistema solar fue a parar al material que se formó a partir de esa lámina de espesor decreciente, lo cual preocupó a los astrónomos durante mucho tiempo. De esto me puedo volver a ocupar algún día en otro artículo.*

El hecho de que los planetas tengan órbitas que no son exactamente circulares y que no están exactamente en el plano ecuatorial del Sol no es demasiado sorprendente. Los planetas se formaron mediante la lenta recolección de pedazos de materia. En general, esos pedazos llegaron de todas las direcciones, de modo que los efectos de los choques se compensaron entre sí. Por pura casualidad, es posible que los últimos choques se hayan distribuido de manera asimétrica y que el planeta, ya casi completamente formado, pueda haber recibido uno o varios golpes finales que de alguna manera hayan modificado su órbita original.

Naturalmente, cuanto más pequeño es el planeta, tanto más lo habrán afectado estas pocas colisiones últimas, y no es sorprendente que las excentricidades e inclinaciones más grandes se encuentren en los planetas más pequeños: Plutón, Marte, Mercurio.

Si de verdad ésta es la manera en que se formaron los planetas del sistema solar, entonces podría haber algunas huellas de estas últimas colisiones. Donde hay atmósfera la erosión podría borrar estas huellas o, en todo caso, podría esconderlas de nuestra vista.

Donde la atmósfera es delgada o virtualmente está ausente, las últimas marcas se conservan y son visibles bajo la forma de cráteres formados por las colisiones. Un hemisferio de Marte es rico en ellos y Mercurio está finamente punteado de cráteres.

Lo que se aplica a los planetas también debe aplicarse a los satélites. El planeta en formación también debe haber tenido un abultamiento ecuatorial, y se deben haber formado cuerpos todavía más pequeños que girarían en sentido directo en el plano ecuatorial y con excentricidad casi nula.

Consideremos a Júpiter, por ejemplo. Júpiter tiene cinco satélites que giran en órbitas casi circulares en sentido directo muy cerca del plano ecuatorial del planeta. Esto no puede ser coincidencia: las condiciones restrictivas están presentes.

Sin embargo, además de estos cinco satélites, Júpiter también tiene otros ocho satélites que no obedecen las reglas (el octavo fue descubierto muy recientemente, el 14 de septiembre de 1974).

¿Qué sucede con estos ocho? ¿Destruyen toda la teoría? No, no la destruyen. Estos ocho satélites exteriores son muy pequeños en comparación con los otros, y están a una distancia muy grande del planeta. Aun el mayor de los ocho exteriores es más pequeño que el más pequeño de los cinco interiores. El más cercano de los ocho exteriores está más de seis veces más lejos de Júpiter que el más lejano de los cinco interiores. Por lo tanto, los ocho exteriores guardan con Júpiter una relación parecida a la que los cometas guardan con el Sol; no se han originado en la condensación común que tuvo lugar en el plano ecuatorial. Se considera que son asteroides capturados y, como tales, no siguen las reglas generales sino que pueden girar en órbitas de gran excentricidad e inclinación.

Las excentricidades de los ocho satélites exteriores varían entre un moderado 0,08 (si bien pequeña, lo suficiente para ser respetable) y un valor grande de 0,38 (recordemos que la máxima excentricidad posible es de 1,0). Las inclinaciones varían entre 28 grados y 163 grados (recordemos que la inclinación máxima es de 180 grados). Una inclinación entre 90 y 180 grados indica que el satélite está girando en el sentido inverso y se mueve de manera "retrógrada". Cuatro de los ocho satélites exteriores de Júpiter, de hecho los cuatro más exteriores, tienen órbitas retrógradas.

El hecho de que los cuatro más exteriores tengan órbitas retrogradas es un punto a favor de la teoría de los asteroides capturados, ya que puede demostrarse que la captura de un asteroide en una órbita retrógrada es más fácil que su captura en una órbita directa.

Además de los satélites exteriores de Júpiter, el satélite más exterior de Saturno y el satélite exterior de Neptuno parecen tener las características propias de asteroides capturados. El satélite más exterior de Saturno está cerca de 3,6 veces más lejos de Saturno que el más lejano de los satélite próximos: tiene una excentricidad de 0,16 y se mueve en órbita retrógrada. La distancia media del satélite exterior de Neptuno es cerca de dieciséis veces

mayor que la del interior; tiene una inclinación de 27.7 grados (no es bastante para considerarlo retrógrado, pero es muy alta) y una excentricidad de 0,75 que es más elevada que la de cualquier otro objeto en el sistema solar, con excepción de los cometas.

Por lo tanto, los astrónomos se sienten muy seguros cuando suponen que estos diez satélites no se formaron a partir de la misma nube que por condensación formó el planeta central en torno del cual giran. Ello deja todavía veintitrés “satélites verdaderos” que pueden haberse formado de esta manera.

Enumerándolos en orden ascendente de distancia de sus respectivos planetas al Sol, y los satélites según su distancia al planeta central, también en orden ascendente, los veintitrés son:

- La Tierra, uno: la Luna.
- Marte, dos: Fobos, Deimos.
- Júpiter, cinco: Amaltea, Io, Europa, Ganímedes, Callisto.
- Saturno, nueve: Jano, Mimas, Encélado, Tetis, Dione, Rea, Titán, Hiperión, Jápeto (y también los anillos, por supuesto).
- Urano, cinco: Miranda, Umbriel, Ariel, Titania. Oberón.
- Neptuno, uno: Tritón.

Consideremos cómo entran estos veintitrés satélites dentro de la hipótesis de “la nube en condensación con abultamiento ecuatorial”, en lo que respecta a sus características orbitales. Podemos comenzar por considerar las distancias de los distintos satélites a sus planetas primarios (los planetas en torno de los cuales giran), pero no en miles de kilómetros. Después de todo un planeta grande se forma a partir de una nube grande que tiene un gran abultamiento ecuatorial y por lo tanto deberá esperarse que tenga satélites más alejados que los que tendrá un planeta pequeño. Por tanto, midamos la distancia de cada satélite tomando como unidad el radio del planeta primario. Esto se hace en la Tabla 1.

TABLA 1 - DISTANCIAS DE SATÉLITES

Satélite	*Distancia (en radios del planeta primario)*
Anillos (borde interior)	1,24
Anillos (borde exterior)	2,28
Amaltea	2,54
Jano	2,64
Fobos	2,71
Mimas	3,10
Encélado	3,99
Tetis	4,94
Miranda	5,44
lo	5,91
Dione	6,32
Deimos	6,95
Ariel	8,41
Rea	8,83
Europa	9,40
Umbriel	11,7
Tritón	13,4
Ganímedes	15,0
Titania	19,9
Titán	20,5
Hiperión	24,8
Oberón	25,7
Callisto	26,4
Japeto	59,6
Luna	60,3

Una cosa que podemos señalar enseguida es que, de los diez satélites que se consideran como asteroides capturados, el que tiene la menor distancia medida en radios del planeta primario es Nereida, cuya distancia media a Neptuno es igual a 130 radios del planeta, valor que es más de dos veces mayor que la distancia más grande de cualquier satélite enumerado en la Tabla 1. Los valores de distancia para los otros nueve varían hasta llegar a 332 para el más exterior de los satélites de Júpiter. Entonces, solamente refiriéndonos a las distancias parece justificado que omitamos estos diez satélites.

Tratemos de enumerar a los planetas por algún método lógico que no sea simplemente la distancia. Cuando crece el radio de un planeta también crece su masa, con mayor rapidez (si olvidamos que existe una enorme disminución en la densidad). Puede ser que la masa sea más importante que el simple radio, ya que la masa es la fuente del campo gravitatorio del planeta, y es la fuerza de la atracción gravitatoria la que mantiene en fila al abultamiento y produce satélites que no se desvían mucho, si es que se desvían, del plano ecuatorial y de la órbita circular. Después de todo, dos satélites pueden estar a una misma distancia (por ejemplo, cinco veces mayor que el radio de su planeta primario), pero el planeta que tenga más masa ejercerá el mayor efecto gravitacional a esa distancia.

El efecto más marcado del campo gravitatorio planetario se refiere a la velocidad con que un satélite se mueve en su órbita. Por lo tanto, tabulemos de nuevo los satélites, esta vez ordenados según su velocidad orbital, y veamos si aparece alguna diferencia pronunciada con respecto a la tabla por distancia. Esto lo haremos en la Tabla 2.

TABLA 2-VELOCIDAD ORBITAL DE LOS SATELITES

Satélite	Velocidad orbital *(kilómetros/segundo)*
Amaltea	13,15
Anillos (borde interior)	10,74
Io	8,66
Anillos (borde exterior)	8,37
Jano	7,75
Mimas	7,16
Europa	6,84
Encélado	6,33
Tetis	5,66
Ganimedes	5,11
Dione	4,98
Rea	4,23
Callisto	4,10
Miranda	3,19
Titán	2,78
Ariel	2,75
Hiperión	2,53
Umbriel	2,34
Tritón	2,20
Titania	1,89
Jápeto	1,64
Oberón	1,59
Fobos	1,04
Deimos	0.68
Luna	0,51

Como ven, la diferencia principal entre las Tablas 1 y 2 es que los satélites del pesado Júpiter se corren hacia arriba de la lista, mientras que los del pequeño Marte lo hacen hacia abajo. En la Tabla 1, Jápeto y la Luna están tanto más lejos que los otros que podíamos haber dudado de su condición, pero en la Tabla 2 la diferencia se nivela, aunque la Luna todavía está al pie de la lista. Ahora consideremos la excentricidad de cada satélite (su apartamiento respecto de una órbita circular) y la inclinación de la órbita con respecto al plano ecuatorial de su planeta primario. Si la teoría sobre la formación de satélites a partir del abultamiento ecuatorial del planeta en condensación es correcta, entonces ambos valores deberían ser idealmente nulos. Los valores reales, dados con dos cifras decimales en el caso de la excentricidad y con una en el caso de la inclinación, aparecen en la Tabla 3 (con los satélites tabulados en el orden dado en la Tabla 2).

TABLA 3 - EXCENTRICIDADES E INCLINACIÓN DE LOS SATÉLITES

Satélite	*Excentricidad*	*Inclinación (º)*
Amaltea	0,00	0,1
Anillos (interior)	0,00	0,0
lo	0,00	0,1
Anillos (exterior)	0,00	0,0
Jano	0,00	0,0
Mimas	0,02	1,5
Europa	0,00	0,1
Encélado	0,00	0,0
Tetis	0,00	1,1
Ganímedes	0,00	0,3
Dione	0,00	0,0
Rea	0,00	0,3
Callisto	0,01	0,2
Miranda	0,00	0,0
Titán	0,03	0,3
Ariel	0,01	0,0
Hiperión	0,10	0,6
Umbriel	0,01	0,0
Tritón	0,00	27,7
Titania	0,02	0,0
Jápeto	0,03	14,7
Oberón	0,01	0,0
Fobos	0,02	1,1
Deimos	0,00	1,8
Luna	0,06	23,5

En realidad, como pueden ver, la mayoría de los satélites se acercan mucho al caso ideal, lo suficiente para asegurar que esto no podría ocurrir por coincidencia en tantos casos. Sólo podría explicarse mediante la teoría del abultamiento ecuatorial (o algo igualmente bueno en lo cual ningún astrónomo acertó a pensar todavía).

A decir verdad, los satélites verifican la hipótesis aún mejor que los planetas.

En algunos casos los nueve planetas tienen excentricidades orbitales moderadamente elevadas. La de Plutón vale 0.25 y la de Mercurio 0.21. La excentricidad media de los nueve planetas es de 0,08. Esta no es elevada, pero la excentricidad media de los veinticinco satélites (y anillos) tabulados en la Tabla 3 es solamente de 0,016. El satélite que tiene la órbita más desequilibrada es Hiperión, con una excentricidad de 0,10, y su órbita es sólo levemente más excéntrica que la de Marte (0,093), y no tiene punto de comparación con las excentricidades de Mercurio y Plutón.

La inclinación no tiene un comportamiento tan definido. Las inclinaciones de las órbitas planetarias pueden desviarse del caso ideal en varios grados. La órbita de la Tierra está inclinada en siete grados con respecto al plano ecuatorial del Sol, y si tomamos como patrón la órbita de la Tierra, las inclinaciones de los otros planetas se desvían en unos pocos grados,

cuyo número máximo corresponde a Plutón, que tiene una inclinación de diecisiete grados con respecto a la órbita de la Tierra.

En comparación con esto, veintidós de los objetos tabulados en la Tabla 3 tienen inclinaciones de menos de dos grados con respecto al plano ecuatorial de sus planetas primarios, y diez de ellos tienen una inclinación de menos de un décimo de grado. No hay manera de explicar esto sin apelar a la teoría del abultamiento ecuatorial. Y sin embargo, algunos satélites todavía representan un enigma.

Concentrémonos en aquellos satélites que tienen una excentricidad mayor que 0,08 (el promedio planetario) o una inclinación de más de dos grados, o ambas cosas. Estos están enumerados en la Tabla 4, y hay sólo cuatro en dichas condiciones.

TABLA 4 - LOS SATÉLITES RAROS

Satélite	*Excentricidad*	*Inclinación (º)*
Hiperión	0,10	0,6
Tritón	0,00	27,7
Jápeto	0,03	14,7
Luna	0,06	23,5

Hiperión no impresiona mucho por su irregularidad, como ya lo he dicho. Su excentricidad es sólo marginalmente elevada y su inclinación es satisfactoriamente baja. Podemos dejarlo pasar. La Luna es un caso especial, que he discutido en un artículo anterior[1] y no me voy a detener en la cuestión. Después de todo puede ser un cuerpo capturado, lo cual explicaría su elevada inclinación y su excentricidad marginalmente alta. Por otra parte, también es cierto que la Tierra y la Luna se afectan entre sí (como en las mareas) de una manera que no tiene parangón, ya que los dos cuerpos son mucho más parecidos en tamaño que cualquier otra combinación de un satélite con su planeta primario en el sistema solar (o que cualquier combinación del Sol con un planeta). Los efectos del tipo de las mareas pueden haber modificado la órbita original, cualquiera que ésta haya sido, y dado origen a la extraña situación actual. En lo que respecta a Jápeto, éste es un satélite bastante poco común. Cuando está ubicado al oeste de Saturno es seis veces más brillante que cuando está al este de Saturno. Si presenta una sola cara a Saturno, como lo hace la Luna con la Tierra (una suposición que parece razonable) entonces nosotros vemos uno de sus hemisferios cuando está al oeste y el otro hemisferio cuando está al este.

Por lo tanto el satélite debe tener un asimetría pronunciada (el tamaño del satélite es moderado, con un diámetro de unos 1.750 kilómetros, la mitad del de la Luna)[2]. Además, la asimetría deberá estar distribuida de manera tal que el hemisferio que veamos cuando Jápeto está de un lado de Saturno sea muy diferente del otro, y que veamos cada hemisferio distinto de frente, o casi de frente.

Cualquiera sea la asimetría, debe ser tal que un hemisferio esté helado y sea muy reflector, y el otro rocoso y no reflector. Quizá la asimetría sea el resultado de un golpe final de fuerza inusitada que ocurrió durante la condensación del satélite, de modo que Jápeto puede ser una especie de mundo doble cuya mitad más pequeña forma una gran protuberancia sobre la más grande, siendo una de las dos mitades helada y la otra rocosa. Y puede ser que este golpe final haya sacado a Jápeto del plano ecuatorial (no he visto esta idea en ninguna parte, de modo que si es una teoría pobre la culpa es mía).

---

[1] *N. del A.: "Andando en la Luna" en Of Time and Space and other Things (Doubleday, 1965).*

[2] *N. del T.: Otras fuentes lo estiman en 1.130 kilómetros, aproximadamente.*

Esto nos deja solamente a Tritón, que está más inclinado que la Luna y que Japeto. pero que tiene una órbita prácticamente circular, por oposición a las excentricidades marginales de los otros dos. Esta combinación de inclinación elevada (la más elevada de todos los satélites que no son asteroides capturados) y excentricidad muy baja es curiosa, así que examinaremos a Tritón con un poco más de cuidado.

Tritón fue descubierto en 1846, solo un mes después del descubrimiento de Neptuno, lo cual no es muy extraño, ya que se trata de uno de los satélites más grandes. Tiene un diámetro de 3.700 kilómetros, un poco más grande que la Luna, y cualquiera que mire a Neptuno con un buen telescopio debería ver a Tritón sin problemas. Cuando se descubrió a Tritón por primera vez, se observó que giraba en dirección retrógrada. Se supuso que esto se debía a que Neptuno mismo rotaba sobre su eje en sentido retrógrado. Ustedes ven que si la teoría de la nube abultada que se condensa es correcta entonces, idealmente, cada planeta debe rotar en sentido directo, con su eje formando un ángulo recto con el plano de revolución. Sin embargo, por alguna razón la rotación planetaria tiende a desviarse bastante de lo ideal. Con seguridad, el eje de Júpiter está inclinado sólo 3,l grados con respecto a esta perpendicular ideal, pero en el caso de Marte y de Saturno la inclinación axial es de 25,2 grados y 26,7 grados, respectivamente, y en el de Urano es de 98,0 grados.

Y sin embargo el sistema de satélites se inclina como lo hace el eje. Los satélites de Marte y de Saturno permanecen en los planos ecuatoriales de sus planetas primarios, y también lo hacen los satélites de Urano. Urano parece rotar de costado, por así decirlo, de modo que cuando está correctamente orientado en su órbita parece tener un polo este y un polo oeste con respecto a nosotros. Los satélites de Urano acompañan este comportamiento y parecen girar de arriba hacia abajo con respecto a nosotros, mientras que todos los demás parecen girar más o menos de izquierda a derecha.

Sea cual fuere la causa de la inclinación del planeta, el efecto debe haberse producido cuando la nuble planetaria todavía se estaba condensando, de modo que el abultamiento ecuatorial se inclinó de la misma forma que la nube.

Según parecía, la nube de Neptuno se había inclinado exageradamente -más de 150 grados- de modo que prácticamente estaba cabeza abajo y por lo tanto rotaba en sentido inverso, y Tritón lo seguía fielmente en dicha rotación inversa. (Venus está cabeza abajo, pero no tiene satélites, de manera que no tenemos ningún ejemplo más próximo de satélite que gira al revés junto con su primario.)

Pero más tarde, en 1928 Neptuno fue estudiado cuidadosamente mediante un espectroscopio que mostraría cuál de sus lados se estaba acercando a la Tierra y cuál estaba retrocediendo... y resultó que Neptuno rotaba alrededor de su eje en sentido directo. Su inclinación axial resultó ser de solamente 29 grados.

Esto significaba que Tritón estaba girando al revés sin excusa alguna. Estaba cabeza abajo por sí mismo. Su inclinación no era de 27,7 grados sino de 152,3 grados, lo cual indica su giro retrogrado.

La inclinación de Tritón es aproximadamente igual a la de los cuatro satélites más exteriores de Júpiter, y a la de Febe. el satélite más exterior de Saturno. Pero aquellos cinco satélites exteriores de los dos planetas gigantes son generalmente considerados como satélites capturados. ¿Quiere decir esto que Tritón también es un satélite capturado?

Pero si Tritón es un satélite capturado, ¿cómo es posible que por una coincidencia absolutamente inconcebible haya acertado a instalarse en una órbita casi perfectamente circular? Ninguno de los diez satélites capturados tiene una órbita que siquiera se aproxime a la circular. Los diez satélites capturados tienen una excentricidad orbital media de 0,25, y el menos excéntrico de los diez tiene una excentricidad de 0,08. ¿Es razonable esperar que Tritón tenga una excentricidad de 0,00 si es un satélite capturado?

Más aún, si Tritón se formó en el abultamiento ecuatorial que lo hace tener una excentricidad prácticamente nula, ¿cómo es posible que esté girando al revés -moviéndose contra la corriente, por así decirlo- de los materiales que forman parte de Neptuno?

Según parece, Tritón es el más enigmático de los satélites... más enigmático aún que la Luna misma.

VII. EL PUENTE DE LOS DIOSES

El 16 de junio de 1974 mi esposa Janet y yo estábamos en el bosque de Dean, en el sudoeste de Inglaterra, cerca de la frontera galesa. Era un día de aguaceros mezclados con algo de sol, y a la caída de la tarde Janet y yo salimos a dar un paseo entre las hayas añosas.

Una llovizna nos envió a guarecernos debajo de una de estas hayas, pero había sol y apareció un arco iris en el cielo. Mejor dicho, no un arco iris, sino *dos.* Por única vez en mi vida vi los dos arcos, el primario y el secundario, separados como es debido por cerca de veinte veces el diámetro de la luna llena. El cielo entre ambos estaba definidamente oscuro, de modo que en realidad veíamos una ancha banda de oscuridad que cruzaba el cielo por el este formando un arco circular perfecto, orlado a cada lado por un arco iris con el margen rojo de cada uno tocando la oscuridad y el margen violeta que se iba esfumando en el azul del cielo.

Duró varios minutos y observamos en completo silencio. No soy una persona visual, pero aquello conmovía... y profundamente.

Nueve días más tarde, el 15 de junio de 1974, visité la Abadía de Westminster en Londres y estuve junto a la tumba de Isaac Newton (me negué a poner el pie sobre ella). Desde donde estaba pude ver también las tumbas de Michael Faraday, Ernest Rutherford, James Clerk-Maxwell y Charles Darwin: está todo dicho: cinco de los diez hombres a quienes una vez catalogué como los más grandes científicos de todos los tiempos[1]. Me conmoví tan profundamente como cuando vi el arco iris doble.

No pude evitar el pensar en la relación entre el arco iris y Newton y enseguida decidí hacer un artículo sobre el tema cuando se me presentara la ocasión, y aquí lo tienen.

Supongan que comenzamos con la luz misma. En la Antigüedad aquellos de quienes sabemos que especularon sobre la cuestión pensaban en la luz como una propiedad extraordinaria de los cuerpos celestiales y, en particular, del Sol. Esta luz celestial no debía ser confundida con imitaciones terrestres tales como el fuego de la madera ardiente o de una vela encendida. La luz terrestre era imperfecta. Vacilaba y moría, o se la podía mantener y renovar.

La luz celeste del Sol era eterna y constante.

En el Paraíso perdido de Milton uno recibe la impresión definida de que el Sol es simplemente un recipiente dentro del cual Dios ha puesto la luz. La luz contenida en el Sol no disminuye jamás, y es por la luz de esa luz que podemos ver (si usted me entiende).

Desde ese punto de vista no hay ningún misterio en el hecho que Dios creara la luz el primer día y el Sol. la Luna y las estrellas el cuarto. La luz misma es la cosa, los cuerpos celestes son solamente los recipientes.

Ya que la luz del Sol nació del Cielo, era natural que tuviera que ser divinamente pura, y que su pureza estuviera bien demostrada por el hecho de ser completamente blanca. La luz terrestre, imperfecta como era, podía tener colores. Las llamas de los fuegos terrestres eran definidamente amarillentas, a veces rojizas. Cuando se agregaban ciertos productos químicos, podían tomar cualquier color.

En verdad, el color parecía ser un atributo exclusivo de las sustancias terrenas, y cuando aparecía mezclado con la luz era invariablemente un signo de impureza. La luz reflejada por un objeto coloreado opaco o transmitida a través de un objeto coloreado transparente tomaba el color y la imperfección de la materia, de la misma manera que el agua clara que corre sobre el cieno suelto debe volverse barrosa.

Había un solo aspecto del color que, a los ojos de los antiguos, no parecía tener que ver con la clase de materia con la que estaban familiarizados, y éste era el arco iris. Aparecía en el

[1] *N. del A.: Véase "Los ganadores del Isaac" en* Adding a Dimension *(Doubleday, 1964).*

cielo como un arco luminoso de distintos colores: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul y violeta, en ese orden, con el rojo en la curva exterior del arco y el violeta en la curva interior[1].

El arco iris, alto en el cielo, incorpóreo, evanescente, divorciado de toda conexión evidente con la materia, parecía ser un ejemplo de la luz divina, tanto como parecía serlo la luz del Sol... y sin embargo tenía colores. No había ninguna explicación buena para esto, a menos de suponer que era otra creación de Dios o de los dioses producida en colores con algún propósito definido.

Por ejemplo, en la Biblia el arco iris fue creado después del Diluvio. Dios explicó su propósito a Noé: "Y sucederá que cuando haga venir nubes sobre la Tierra, se dejará ver entonces mi arco en las nubes. Y me acordaré del pacto mío, que hay entre mí y vosotros y todo ser viviente de toda carne; y no habrá más diluvio de aguas para destruir toda carne" (Génesis 9;14-15).

Aunque la Biblia no lo dice, presumiblemente el arco iris tiene colores para que se lo pueda ver más fácilmente en el cielo y para que sirva como un reaseguro más claro para los hombres, temblorosos ante la ira de Dios.

Los griegos adoptaron un punto de vista menos dramático sobre el arco iris. Como alcanzaba una gran altura en el cielo y, sin embargo, parecía acercarse a la Tierra en cada extremo, parecía ser un vínculo que conectaba el Cielo y la Tierra. Era el puente de los dioses (quizá coloreado por ser un objeto material, aunque de origen divino) por el cual ellos podían descender a la Tierra y retornar al Cielo.

En la Ilíada de Homero la diosa Iris es la mensajera de los dioses y desciende del Olimpo de vez en cuando para llevar uno que otro recado. Pero *iris* es la palabra griega que designa al arco iris (y como la porción del ojo que rodea la pupila tiene diversos colores, ella también se llama iris). La forma genitiva de la palabra es *iridis,* y cuando aparece un resplandor coloreado en la materia semejando un arco iris, como ocurre en una burbuja de jabón, se dice que es "iridiscente". Y debido a que los compuestos de un cierto elemento nuevo mostraban una sorprendente variedad de colores, el elemento fue denominado "iridio".

En los mitos escandinavos, el arco iris se llamaba "Bifrost" y era el puente sobre el cual los dioses podían viajar a la Tierra. La destrucción del puente del arco iris bajo el peso de los héroes que cargaban desde el Walhalla antes del Ragnarok, la última batalla, era uno de los signos de la próxima destrucción universal.

Pero, ¿qué había en el campo de las explicaciones racionales? También se dieron pasos en esa dirección. En la Antigüedad el filósofo griego Aristóteles, cerca del 350 a.C., notó un efecto del tipo del arco iris mirando a través de una rociada de agua: los mismos colores ordenados en la misma forma e igualmente incorpóreos. Quizás el mismo arco iris que aparecía después de la lluvia fuera producido de manera similar por gotas de agua ubicadas en el aire a gran altura.

Tampoco era el agua la única sustancia transparente asociada al arco iris. Cerca del año 10 de nuestra era el filósofo romano Séneca escribió acerca del efecto, similar al del arco iris, producido por los colores que mostraba el borde quebrado de un pedazo de vidrio.

Pero, ¿qué hay en la luz y en las sustancias transparentes que pueda producir un arco iris? Es muy evidente que la luz que atraviesa tales sustancias en la forma ordinaria no produce colores. Sin embargo, hay una cierta peculiaridad en la manera como se comporta la luz cuando pasa de un tipo de sustancia transparente a otro -por ejemplo, del aire al agua- que puede darnos una pista.

---

[1] *N. del A.: A menudo se agrega un séptimo color, el "índigo" o "añil". A mis ojos, el índigo es sólo un violeta azulado y no merece la dignidad de color separado en el arco iris. No obstante, la presencia de una componente de color índigo en la luz emitida por un cierto mineral calentado hasta la incandescencia reveló la existencia de un elemento nuevo, consecuentemente bautizado con el hombre de "indio".*

Este comportamiento peculiar ingresó por vez primera a la historia de la ciencia cuando Aristóteles señaló lo que innumerables personas debían haber notado ocasionalmente: que un palo colocado en un recipiente con agua parece doblarse claramente en la superficie del agua, casi como si se hubiera quebrado para formar un ángulo en ese punto. Aristóteles atribuyó esto a la flexión de la luz al pasar del aire al agua, o del agua al aire. Después de todo el palo mismo no se doblaba realmente, ya que se lo podía sacar del agua y mostrar que estaba tan derecho como siempre; o bien palparlo mientras todavía estaba en el agua y sentir que aún estaba derecho. La flexión de la luz al pasar de un medio a otro se llama "refracción" (de palabras latinas que significan "quebradura").

¿Podía ser que el hecho poco común de la formación de colores por el agua o por un vidrio tuviera que ver con el hecho tan poco común del cambio de dirección de un rayo de luz? La primera persona que realmente sugirió esto fue un monje polaco llamado Erazm Ciolek, quien lo hizo en un libro de óptica que escribió en 1269 con el nombre parcialmente latinizado de Erasmus Vitellio.

Decir simplemente que la refracción es responsable del arco iris es fácil. Elaborar la teoría exacta de cómo la refracción pudo dar lugar a un arco con la curvatura precisa y en la posición precisa en el cielo es una cosa muchísimo más difícil de hacer, y pasaron tres siglos y medio después de la proposición sobre la refracción hasta que alguien se atreviera a elaborarla matemáticamente. En 1611, Marco Antonio de Dominis, arzobispo de Spalato [1] (quien fue encarcelado por la Inquisición hacia el fin de sus días por haberse convertido al anglicanismo y levantado contra la supremacía papal) fue el primero en intentarlo, pero sólo logró un trabajo muy imperfecto. Lamentablemente, desde la época de los griegos la gente había tenido una idea incorrecta sobre la manera precisa en que la luz se refractaba, y también la tenía el arzobispo.

Finalmente, recién en 1621 se logró comprender la refracción. En ese año, Willibrord Snell, un matemático holandés, estudió el ángulo que hacía un rayo de luz con la perpendicular a la superficie del agua a la que entraba el rayo, y también el ángulo distinto que hacía el rayo con la perpendicular una vez que estaba dentro del agua. Por muchos siglos se había creído que cuando un ángulo cambiaba, el otro ángulo cambiaba de manera proporcional. Snell demostró que los senos[2] de los ángulos son los que guardan siempre la misma relación, y esta relación constante se llama "el índice de refracción".

Una vez que se conoció la noción de índice de refracción, los científicos pudieron reconstruir con precisión considerable el camino de la luz a través de gotas de agua esféricas, teniendo en cuenta tanto la reflexión como la refracción. Esto lo hizo el filósofo francés René Descartes en 1637. Usó la ley de Snell para calcular la posición y la curvatura exactas del arco iris. Pero no reconoció el mérito que correspondía a Snell por la ley sino que trató de dar la impresión, en realidad sin decirlo, de que la había elaborado él mismo.

Sin embargo, la ley de Snell por sí misma no explicaba adecuadamente los *colores* del arco iris. Parecía haber sólo dos alternativas. Primero, era posible que el color proviniera de alguna manera del agua incolora o del vidrio a través de los cuales pasaba la luz. Segundo, era posible que de alguna manera el color proviniera de la luz incolora que atravesaba el agua o el vidrio. Ambas alternativas parecían muy improbables, ya que en cada caso el color tenía que obtenerse a partir de lo incoloro, pero había una tendencia a elegir la primera alternativa, ya que era mejor meterse con el agua y con el vidrio que con la inmaculada luz del Sol.

El Sol y su luz habían sido elogiados como símbolo de la divinidad tan a menudo (no sólo en la era cristiana, sino en épocas pre-cristianas que se remontan hasta el faraón egipcio

---

[1] *Spalato es el nombre italiano de la actual Split, en Croacia (N. del C.)*

[2] *N. del A.: En estos artículos intento explicar cada concepto que empleo a medida que va apareciendo, pero debo trazarme un límite. Los senos. y las funciones trigonométricas en general. merecen un artículo completo sobre ellos. y algún día lo escribiré. Mientras tanto. si usted no sabe lo que son, no importa. No representan ningún papel en el resto de la presente discusión.*

Ikhnaton en el año 1360 a. C., y quién sabe cuánto tiempo atrás y en qué oscuras especulaciones de los tiempos prehistóricos) que venía a parecer aunque resulte algo tonto, que atribuir imperfección al Sol y a la luz solar era negar la perfección de Dios.

Consideren lo que le pasó a Galileo, por ejemplo. Hubo una serie de razones por las que se metió en problemas con la Inquisición, de las cuales la más importante era que nunca pudo ocultar su desprecio hacia quienes eran menos inteligentes que él, aun cuando tuvieran el poder necesario para hacerle mucho daño. Pero contribuyó el hecho de haberles dado armas para atacarlo, y quizá la más importante de éstas fue su descubrimiento de manchas oscuras en el Sol.

Había observado manchas solares por primera vez hacia fines de 1610, pero hizo su anuncio oficial en 1612 y presentó una copia de su libro sobre el tema al cardenal Maffeo Barberini, quien era entonces amigo suyo, pero que desde ese momento (por diversas razones) comenzó a enfriar lentamente su relación hacia él. Fue ungido Papa con el nombre de Urbano VIII, y se convirtió en un abierto enemigo cuando los problemas de Galileo con la Inquisición alcanzaron el clímax, veinte años más tarde.

El hallazgo de manchas solares (y la realidad de ese hallazgo era irrelevante) ofendió a aquellos místicos que veían al Sol como una especie de Dios, y algunos comenzaron a predicar contra Galileo. Uno de ellos fue un fraile dominico que hizo uso muy eficazmente, de una cita de la Biblia asombrosamente adecuada. Al principio de los Hechos de los Apóstoles, Jesús resucitado asciende finalmente al Cielo y sus apóstoles de Galilea miran fijamente hacia arriba, hacia el punto donde Jesús ha desaparecido, hasta que dos ángeles los hacen volver a sus deberes terrestres con un reproche que comienza así: “Varones de Galilea, ¿por qué estáis mirando al cielo?”

En latín las dos primeras palabras de la cita son *Viri Galilaei*, y el apellido de Galileo era Galilei. Cuando en 1613 el dominico pronunció esa frase fulminante y la usó como una denuncia bíblica en los intentos de Galileo por penetrar los misterios de los cielos, muchos deben haberse apartado temblando del astrónomo condenado por los ángeles. En 1615, el caso de Galileo estaba en manos de la Inquisición y comenzaba su prolongado juicio.

Sin embargo, las manchas solares se pueden explicar sin dificultad. No era necesario aceptar su presencia como la ruptura final de la perfección del Cielo. Si el Sol sólo es el recipiente de la luz, bien puede ser sucio e imperfecto. No obstante, la cosa contenida, la luz celestial misma, la primera creación de Dios durante el Primer día, era una cosa bien distinta. ¿Quién se atrevería a negar su perfección? Esa blasfemia acaeció en Inglaterra en 1666, en un lugar y época mucho más seguros para tal propósito que la Italia de 1612. Y el hombre que profirió la blasfemia fue un devoto de veinticuatro años llamado Isaac Newton.

El joven Newton estaba interesado en el efecto del arco iris. No por el propio interés del fenómeno, sino en relación con un problema más práctico que le interesaba pero que, por el momento, no nos interesa a nosotros.

Newton pudo comenzar argumentando que si un arco iris se forma debido a la refracción de luz por las gotas de agua, entonces también deberá formarse en el laboratorio, siempre que la refracción se lleve a cabo de manera apropiada. La refracción tiene lugar cuando la luz pasa del aire hacia un vidrio formando un ángulo oblicuo, pero si la superficie de vidrio está encerrada entre dos planos paralelos (como en una ventana ordinaria, por ejemplo) entonces, al emerger del otro lado de la superficie tiene lugar la misma refracción en sentido inverso. Las dos refracciones se compensan y el rayo de luz pasa de largo sin ser refractado. Por lo tanto, uno debe usar un objeto de vidrio con superficies que no sean paralelas y que refracten la luz que entra al vidrio y la luz que sale del vidrio en la misma dirección, de manera que los dos efectos se sumen en lugar de compensarse.

Para tal fin Newton empleó un prisma triangular de vidrio del cual sabía, por la ley de Snell, que refractaria la luz en la misma dirección al entrar y al salir, como él quería. Luego

oscureció una habitación cubriendo las ventanas con postigos e hizo una pequeña abertura en un postigo para permitir que un solo haz circular de luz entrara y fuese a dar sobre la pared blanca opuesta. Por supuesto que sobre la pared apareció un círculo brillante de luz blanca. Entonces Newton colocó el prisma en el camino de la luz y el haz se refractó claramente. Su camino se torció y el círculo de luz blanca no estuvo donde había estado, sino que ahora fue a dar contra la pared en una posición notablemente distinta. Además no era ya un círculo sino una figura oblonga cinco veces más larga que ancha. Más aún, habían aparecido colores, los mismos colores del arco iris y en el mismo orden.

¿Era posible que este arco iris fuera sólo un capricho del azar, resultante del tamaño del agujero o de la posición del prisma? Probó agujeros de distintos tamaños y encontró que el arco iris artificial se podía tornar más brillante o más oscuro pero los colores persistían, y en el mismo orden. También persistían si hacía pasar la luz a través de la parte más gruesa o más delgada del prisma. Incluso probó colocar el prisma fuera de la ventana, de manera que la luz solar lo atravesara antes de pasar a través del orificio en el postigo... y aún así aparecía el arco iris.

Hasta aquí estos experimentos, aunque nunca habían sido realizados con un cuidado tan sistemático, no ofrecían nada que fuera completamente nuevo. Después de todo, durante siglos se habían observado y descrito efectos de arco iris en bordes oblicuos de vidrios rotos o biselados, y eso era esencialmente lo que ahora estaba observando Newton. Pero antes siempre se había supuesto que los efectos eran producidos por el vidrio, y ahora Newton llegó a preguntarse si eso era posible. El hecho que al cambiar la posición o el espesor del vidrio a través del cual pasaba la luz no cambiara el arco iris de ninguna manera esencial, hacía pensar que el vidrio podía no tener nada que ver: que posiblemente la luz misma fuera la responsable.

Le pareció a Newton que si sostenía el prisma con su borde filoso hacia abajo y luego hacía que la luz que lo había atravesado pasara a través de un segundo prisma orientado en la dirección opuesta, con el filo hacia arriba, tendría que ocurrir una de dos cosas:

1. Si era el vidrio el que producía los colores cuando la luz se refractaba a través de él, el vidrio del segundo prisma produciría más color, y la figura oblonga coloreada de luz sería todavía más alargada y estaría coloreada más intensamente.

2. Si era la refracción solamente la que producía los colores y el vidrio no tenía nada que ver con ello, entonces la segunda refracción, al ser opuesta a la primera, debería compensarla de modo que la figura oblonga sería nuevamente un círculo y todos los colores habrían desaparecido.

Newton hizo el experimento y la segunda alternativa resultó ser la verdadera. La luz, al pasar a través de dos prismas que eran idénticos en todo pero que estaban orientados de maneras opuestas, fue a dar contra la pared allí donde habría ido a dar si no hubiera habido ningún prisma, y lo hizo formando un círculo brillante de luz blanca y pura. (Si Newton hubiera colocado un pedazo de cartulina blanca entre los prismas, habría visto que la figura oblonga de colores todavía estaba allí.)

Por lo tanto, Newton decidió que el vidrio no tenía nada que ver con el color, sino que servía solamente como vehículo de la refracción. Los colores se producían a partir de la luz solar misma. Por primera vez en la historia del hombre, Newton había demostrado claramente la existencia del color separado de la materia. Los colores que él había producido con su prisma no eran “esto de tal color” o “aquello de tal color”, ni siquiera eran aire coloreado. Eran luz de *color*, tan incorpórea e inmaterial como la misma luz solar. Comparados con la materia coloreada, densa y palpable con la que la gente se había familiarizado hasta ese entonces, los colores que había producido Newton eran una especie de fantasma de color. No

es sorprendente, entonces, que la palabra que implantó para la banda de colores fuera la palabra latina que designa a un fantasma: “spectrum”[1].

Newton siguió adelante, haciendo que su haz de luz refractada incidiera sobre un cartón con un agujero, de manera que a través de éste solamente pasara el color de una porción pequeña del espectro.

A esta porción de luz solar de un solo color la hizo pasar a través de un segundo prisma y descubrió que no aparecían otros colores, aunque la porción se ensanchaba un poco. También midió el grado con el cual cada color por separado era refractado por el segundo prisma, y encontró que el rojo siempre era menos refractado que el anaranjado, el cual siempre era menos refractado que el amarillo, etcétera. Entonces su conclusión final fue que la luz solar (y la luz blanca, en general) no es pura sino que es una mezcla de colores, cada uno de los cuales es mucho más aproximadamente puro que la luz blanca. Ningún color por sí mismo puede parecer blanco, pero todos juntos lo parecerán si se los mezcla apropiadamente.

Además, Newton sugirió que cada color diferente tiene un índice de refracción distinto en el vidrio o en el agua. Cuando la luz pasa a través de un prisma de vidrio o de gotas de agua, las diferencias en el índice de refracción hacen que los distintos componentes de colores de la luz blanca se desvíen en distintos grados y emerjan separados del vidrio o del agua. Este era el golpe final al punto de vista antiguo/medieval de la perfección de los cielos. El arco iris, ese recordatorio de la misericordia de Dios, ese puente de los dioses, se reducía a un espectro gigante ubicado en el aire, a gran altura, producido por innumerables prismas pequeñísimos (bajo la forma de gotas de agua) que combinan sus efectos.

Para aquellos que valoran la visión de la mente humana al organizar las observaciones hasta obtener una ley natural, y al usar luego esta ley natural para entender el funcionamiento de lo que hasta entonces había sido misterioso, el arco iris ha ganado una belleza y una significación adicionales con el descubrimiento de Newton porque se lo puede entender y apreciar verdaderamente hasta un grado jamás alcanzado antes. Para aquellos de imaginación más limitada que prefieren mirar despreocupadamente en lugar de entender, y que prefieren en cambio los cuentos de hadas acerca de dioses que cruzan puentes, en lugar de los cambios danzarines en la dirección de la luz que se rigen por un orden que puede describirse por medio de una expresión matemática elegante, supongo que ha de ser una pérdida.

El anuncio de Newton sobre su descubrimiento no impactó a todo el mundo al mismo tiempo. Era tan revolucionario, tan opuesto a lo que se había dado por sentado durante muchos siglos, que muchos dudaron.

Por ejemplo, estaba la oposición de Robert Hooke, que era siete años mayor que Newton y ocupaba un cargo importante en la Royal Society, sociedad que actuaba como árbitro de la ciencia en aquellos días. Hooke había sido un muchacho enfermizo. La viruela había marcado su piel con cicatrices, pero tuvo que pagar sus gastos de estudio en Oxford sirviendo mesas, y los escarnios y humillaciones que tuvo que soportar de parte de los jóvenes de clase media, que eran infinitamente inferiores a él intelectualmente, dejaron en él marcas más profundas que la viruela.

Después de aquello el mundo fue su enemigo. Era uno de los pensadores científicos más brillantes de su época, y pudo haber ocupado fácilmente un segundo puesto merecido después del mismo Newton si no hubiera empleado tanto de su tiempo en una orgía de polémicas rencorosas.

En particular, eligió a Newton como víctima por pura envidia hacia el hombre a quien jamás podría igualar intelectualmente. Hooke usó su cargo en la Roya1 Society para estorbar a

[1] *4. N. del A.: Todavía hablamos de “espectros” y de .apariciones espectrales,. pero el significado nuevo de la palabra, que representa toda una gama de colores distintos, ha ido ganando terreno y hoy es una metáfora de uso común. Por ejemplo. podemos hablar del “espectro de actitudes políticas”.*

Newton en cada oportunidad. Lo acusó de robar sus ideas (las de Hooke), y con tamaña acusación casi logró evitar que Newton publicara su obra maestra, *Principia Mathematica*, en la que se exponen las leyes del movimiento y de la gravitación universal. Cuando finalmente el libro fue publicado, no lo fue bajo los auspicios de la Roya1 Society, sino a costa del aporte particular de Edmund Halley, amigo de Newton.

Newton, que era pusilánime, incapaz de enfrentar abiertamente la oposición aunque hubiera deseado usar a sus amigos para ello, se entregó a una auto conmiseración lloriqueante, y fue intimidado y atormentado por un Hooke furioso y malévolo. A veces Newton llegaba a prometer que no se ocuparía más de la investigación científica y, al final, era empujado hacia la postración mental.

No fue hasta la muerte de Hooke que Newton quiso publicar su libro *Opticks*, en el que por fin organizó todos sus descubrimientos ópticos. Este libro, publicado en 1704, estaba en inglés en lugar del latín en el que había publicado el *Principia Mathematica.* Algunos han sugerido que hizo esto deliberadamente con el objeto de limitar la difusión que su lectura tendría fuera de Inglaterra y, por tanto, cortar las controversias que podrían surgir, ya que Newton, por distintas razones, no era una figura muy popular en el continente.

La oposición a la noción de la luz blanca como mezcla de colores no desapareció del todo ni siquiera después de la aparición del *Opticks*. Todavía en 1810 apareció un libro alemán titulado *Farbenlehre* ("Ciencia del color") que sostenía que la luz blanca es pura y sin mezcla. Su autor fue nada menos que el más grande de los poetas germanos, Johann Wolfgang von Goethe quien, en realidad, había hecho un trabajo científico respetable. Sin embargo, Goethe estaba equivocado y su libro cayó en el olvido que merecía. Ahora sólo se lo recuerda como el último lamento agónico contra la revolución óptica de Newton.

Pero todavía hay que subrayar algo en particular. Como dije antes, los experimentos ópticos de Newton no fueron realizados solamente con el propósito de explicar el arco iris. Newton estaba mucho más interesado por ver si había alguna manera de corregir un defecto básico de los telescopios que se habían usado para estudiar los cielos desde la época de Galileo, medio siglo antes.

Hasta entonces todos los telescopios habían usado lentes que refractaban la luz y producían imágenes bordeadas de colores. Los experimentos de Newton parecieron demostrarle que el color se producía inevitablemente en el proceso de la refracción, que formaba espectros, y que ningún telescopio refractor podría evitar estas franjas coloreadas de manera alguna. Así fue que Newton siguió sus trabajos y logró diseñar un telescopio que hacía uso de espejos y de la reflexión, y así introdujo el telescopio reflector que hoy domina el campo de la astronomía óptica.

Sin embargo, Newton estaba equivocado cuando decidió que los telescopios refractores jamás podrían evitar aquellas franjas coloreadas. Usted verá que en sus experiencias ópticas maravillosas había pasado por alto un pequeño detalle... Pero ésa es otra historia.

VIII. EL TERCER LIQUIDO

Hace algunas noches tuve la ocasión (aunque casi involuntaria) de estar presente en un piso muy bien puesto en el este de Manhatan, donde se servía una cena para veinte personas, rodeada de una elegancia a la que estoy completamente desacostumbrado.

Yo estaba sentado a una de las tres mesas y, como cuasi-celebridad, me hacían preguntas acerca de mi trabajo. A la pregunta inevitable: “¿Está escribiendo algo ahora?”, respondí con el igualmente inevitable: “Sí, por supuesto”. Esa es, y debe haber sido mi respuesta en cualquier hora de cualquier día de estos últimos treinta años.

La anfitriona dijo: -¿Y qué está escribiendo hoy?

-Hoy -dije-, estoy escribiendo mi columna mensual para *American Way,* la revista que se ofrece en los vuelos de la American Airlines.

-¡Oh! -dijo ella, gentilmente-. ¿Y de qué trata la columna?

-El título general de la serie es *El Cambio* -dije-, y cada artículo se ocupa de algún aspecto del futuro tal como yo lo veo.

Ella casi llegó a aplaudir de alegría, y dijo: -¡Oh, usted predice el futuro! ¡Usted cree en la astrología!

Por un instante me sentí desconcertado y luego dije con decisión: -Yo no creo en la astrología.

En la mesa todos (cada uno era un cuasi-intelectual, para no desentonar con mi posición de cuasi-celebridad, según creo) se volvieron hacia mí horrorizados y gritaron, incrédulos: -¿Usted no cree en la astrología?

-No -dije con decisión todavía mayor-. No creo.

Así fue que durante el resto de la comida me ignoraron, mientras los demás competían entre sí en un esfuerzo por ver cuál sabía cuasi-intelectualizar mejor. Fue una velada horrible.

Entonces no me echará a mí la culpa. Amable Lector, si no permito que este artículo se ocupe de los planetas, como sucedió con cuatro de los cinco últimos, para así evitar la más remota insinuación al pensamiento astrológico. En lugar de eso me ocuparé de otro tema que es mi favorito: los elementos químicos.

Hoy día hay 105 elementos conocidos, y once de ellos son gases a las temperaturas a las que estamos acostumbrados en la vida cotidiana. Seis de ellos son los gases nobles: helio, neón, argón, kriptón, xenón y radón. Los otros cinco son los gases más o menos innobles: hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, flúor y cloro.

De los noventa y cuatro elementos restantes, suelen ser clasificados como líquidos exactamente dos.

Uno de éstos es el metal mercurio, que es conocido desde la Antigüedad. Tratándose del único metal líquido (que además es un metal especialmente denso), fue una sustancia impresionante para los primeros químicos, que sospechaban que era la clave para la transmutación de los elementos.

Se conocían otros líquidos (el agua, la trementina, el aceite de oliva), pero no se descubrió ningún otro elemento líquido hasta 1824, cuando un químico francés, Antoine Jérôme Balard, descubrió casi por accidente un líquido marrón rojizo mientras extraía sustancias de unas plantas que crecían en una salina.

Mientras que el mercurio hierve a 356,6 ºC y desprende muy poco vapor a la temperatura ambiente, el nuevo elemento líquido hierve a 58,8 ºC y a la temperatura de un día caluroso (25 ºC) produce un vapor que es muy notable por su color rojizo. Una botella tapada de vidrio claro, medio llena del líquido, se pone roja hasta el tope.

El vapor tiene un olor fuerte, que se suele describir como desagradable, y por ello el elemento fue designado con la palabra griega *bromos,* que quiere decir "hedor". El elemento es el "bromo".

La reacción a los olores es subjetiva. Por mi parte, yo encuentro que el olor del bromo es fuerte y no precisamente gustoso, pero no lo encuentro desagradable y realmente no lo considero fétido.

Sin embargo, no lo huelo voluntariamente, ya que el bromo es un elemento sumamente activo y su vapor irrita y daña aquellas partes del cuerpo con las que toma contacto.

Mientras que el mercurio se congela a -38,9 ºC, el bromo lo hace a –7,2 ºC. Un día frío de invierno en Nueva York alcanza para congelar el bromo, pero haría falta un día muy frío de invierno en Dakota del Norte o en Alaska para congelar el mercurio.

Esto demuestra la subjetividad al definir los elementos como sólidos, líquidos y gaseosos. Si la temperatura habitual a la que viviéramos fuese de - 10 ºC pensaríamos que el mercurio es el único elemento líquido, mientras que el bromo nos parecería un sólido que se derrite con facilidad. Si la temperatura habitual fuera de -35 ºC habría dos elementos líquidos, ya que el mercurio todavía sería líquido y el cloro (que para nosotros es un gas) se habría licuado. A -45 ºC no habría elementos líquidos, pero a temperaturas todavía más bajas el radón se licuaría, etcétera.

Entonces, para que tenga sentido el tema de este artículo, definamos como líquido al elemento que es líquido a 25 ºC, que es una temperatura algo cálida pero bastante común en la ciudad de Nueva York, por ejemplo.

Habiendo aclarado esto, y dejando a un lado al mercurio y al bromo, ¿cuáles son los más próximos al estado líquido en el resto de los elementos?

Los más próximos deben ser aquellos elementos gaseosos que no se licuan del todo a los 25 ºC, o los elementos sólidos que no se derriten del todo. En el primer grupo no hay elementos realmente cercanos. De los elementos gaseosos, el que tiene el punto de licuefacción más elevado es el cloro, que se las arregla para convertirse en un líquido a los -34,6 ºC, unos sesenta grados por debajo de los 25 ºC. Probablemente jamás haya hecho bastante frío en Nueva York para licuar el cloro (por lo menos en épocas históricas).

En el segundo grupo nos puede ir mejor. Por ejemplo esta el galio, un metal sólido, plateado en apariencia cuando es puro, que tiene su punto de fusión a los 29,8 ºC. Esto es menos de cinco grados por encima de los 25 ºC y equivale a los 85,6 ºFahrenheit[1], así que sería líquido en un día de calor de julio en Nueva York: y realmente sería líquido a la temperatura del cuerpo, de modo que se le fundiría a uno en la mano.

Sin embargo, todavía podemos tener más suerte... pero déjenme comenzar por el principio.

En la Antigüedad se descubrió que si se quemaban algunas plantas y se mezclaban con agua las cenizas, había una sustancia que se disolvía en el agua y que se podía recuperar cuando el agua se evaporaba. La sustancia era útil para preparar otras sustancias, tales como el jabón y el vidrio. Como al extracto de las cenizas se lo solía evaporar en un gran pote o vasija, la sustancia que resultaba recibió el nombre de "potasa" ("potash" en inglés llano)[2].

Los árabes, que eran los químicos por excelencia en la Edad Media, lo llamaron *al-quili* en árabe llano, ya que eso significaba "las cenizas". Los químicos europeos tomaron muchos de los términos árabes cuando tradujeron los libros árabes de química, de modo que la potasa (soda cáustica) se convirtió en un ejemplo de "álcali".

Algunas plantas de las que crecen en las playas producían una ceniza que permitía obtener algo semejante a la potasa pero no idéntico, algo que era todavía mejor para hacer jabón y

---

[1] N. del T.: La escala Fahrenheit es de uso común en los Estados Unidos. En ella el agua se congela a los 32 ºF y hierve a los 212 ºF

[2] N. del T.: *Potash,* del inglés: *pot* (pote o vasija) y *ash (ceniza).*

vidrio. Los árabes llamaban *natrón* a esta ceniza, adoptando un término griego anterior, nitrón. Los árabes deben haber usado el natrón como un remedio contra la jaqueca (pues neutralizaba el exceso de ácido en el estómago sin dañarlo demasiado). Como la palabra que empleaban para designar un dolor de cabeza agudo era *suda*, ésta empezó a ser aplicada a la sustancia y en Europa la palabra se convirtió en "soda".

Tanto la potasa como la soda son carbonatos de ciertos metales que eran desconocidos antes de 1800 debido a que esos metales son tan activos y se unen tan fuertemente a otros elementos que no se los podía aislar. No obstante, en 1807 el químico inglés Humphry Davy usó una corriente eléctrica para separar esos elementos de sus compuestos y obtenerlos por primera vez en su forma libre.

Al elemento metálico de la potasa lo llamó "potassium" usando el sufijo convencional que por ese entonces se aplicaba a los elementos metálicos. Al elemento metálico de la soda lo llamó "sodium" Sin embargo, los alemanes llamaron "alium" al elemento del "álcali" (el nombre alternativo de la potasa), y "natrium" al elemento del "natrón" (el nombre alternativo de la soda). Más aún, la influencia alemana en la química de principios del siglo XIX era tanta que los símbolos químicos internacionales para esos elementos se tomaron de los nombres germanos, y no de los ingleses.

El símbolo del potasio es "K" y el del sodio es "Na", y no hay más que decir.

En inglés (y en castellano) la potasa se conoce más apropiadamente ahora como "carbonato de potasio" mientras que la soda es "carbonato de sodio". A ambos se los considera álcalis y las propiedades características de las dos sustancias (la capacidad de neutralizar ácidos, por ejemplo) se describen como "alcalinas". En cuanto al potasio y al sodio, son ejemplos de «metales alcalinos», y se parecen mucho entre sí.

Una vez que los químicos descubrieron la estructura electrónica de los átomos de los distintos elementos se pudo ver por qué el potasio y el sodio se parecen tanto entre sí. Cada átomo de sodio contiene once electrones distribuidos en tres capas, que contienen (mirando desde el centro del átomo hacia afuera) 2, 8 y 1 electrones, respectivamente. El átomo de potasio contiene diecinueve electrones distribuidos en cuatro capas: 2, 8, 8, 1. En cada caso son los electrones exteriores los que chocan con los electrones exteriores de otros átomos durante las colisiones y, en consecuencia, las propiedades químicas dependen de ellos. Es la semejanza en la distribución de estos electrones exteriores la que hace que los dos elementos sean tan parecidos.

Pero otros elementos pueden también tener distribuciones electrónicas semejantes, de modo que el sodio y el potasio no son necesariamente los únicos metales alcalinos.

Por ejemplo, en 1817 un químico sueco, Johan August Arfrwedson, estaba analizando un mineral recién descubierto denominado "petalita". Obtuvo algo a partir del mineral que, por sus propiedades, pensó que podía ser sulfato de sodio. Sin embargo, la suposición de que lo fuera hacía subir la suma de los elementos que había aislado al 105 % del peso del mineral. Había localizado un elemento que se parecía al sodio por sus propiedades, pero que tenía que ser más liviano.

Era un nuevo metal alcalino y, debido a que provenía de un mineral rocoso en lugar de una fuente vegetal, se lo denominó "lithium", a partir de la palabra griega que significaba "roca". El átomo de litio tiene sólo tres electrones distribuidos en dos capas: 2 y 1.

En la década de 1850, los químicos desarrollaron la técnica para identificar los elementos calentándolos hasta que se ponían incandescentes, y luego midiendo las longitudes de onda de la luz producida.

Cada elemento producía una serie de longitudes de onda que se podían separar y medir en un espectroscopio, y no había dos elementos que produjeran longitudes de onda idénticas. Una vez que usted ha identificado las longitudes de onda producidas por todos los elementos

conocidos, puede estar seguro de que cualquier longitud de onda que no esté en la lista representa a un elemento que no ha sido descubierto todavía.

Los primeros que hicieron uso de la espectroscopía con el objeto de analizar minerales fueron el químico alemán Robert Wilhelm Bunsen y el físico alemán Gustav Robert Kirchhoff. En 1860, Bunsen y Kirchhoff calentaron el material obtenido a partir de una ciertaagua mineral que se sabía que contenía compuestos de sodio, potasio y litio. Notaron una línea azul brillante cuya longitud de onda no era igual a las producidas por ninguno de los elementos conocidos.

Ello significaba que se trataba de un nuevo elemento al que denominaron "cesium" de la palabra latina *caesius*, que quiere decir "cielo azul", (los ingleses llaman "caesium" al elemento, que se parece más al latín, aunque solamente agrega una letra que puede engañarnos sobre la pronunciación).

Algunos meses más tarde, en 1861, Bunsen y Kirchhoff analizaron un mineral conocido como "lepidolita" y descubrieron una línea de un rojo profundo que no estaba en la lista. Era otro elemento nuevo, y lo denominaron "rubidium", de la palabra latina que significa "rojo intenso".

Como después se vio, el rubidio y el cesio eran dos nuevos metales alcalinos. El átomo de rubidio contiene treinta y siete electrones en cinco capas: 2, 8, 18, 8, 1: mientras que el átomo de cesio contiene cincuenta y cinco electrones en seis capas: 2, 8, 18,18, 8,1. Los cinco metales alcalinos aparecen resumidos en la Tabla 1.

TABLA 1

Metal alcalino	*Número total de electrones Número atómico*	*Distribución de electrones*
Litio	3	2, 1
Sodio	11	2, 8, 1
Potasio	19	2, 8, 8, 1
Rubidio	37	2, 8, 18, 8, 1
Cesio	55	2, 8, 18, 18, 8, 1

Ese electrón solo de la capa exterior explica casi todo sobre los metales alcalinos. El electrón exterior (cargado negativamente) está ligado muy débilmente al núcleo cargado positivamente que se encuentra en el centro del átomo, de modo que se lo saca con facilidad, lo cual da lugar a la formación de un fragmento atómico cargado positivamente ("ión"). Por lo tanto, los elementos alcalinos son más fáciles de "ionizar" que los otros metales.

Más aún, a medida que ascendemos en la escala de los números atómicos[1] dicho electrón exterior es cada vez más fácil de arrancar pues hay cada vez más electrones interiores que lo aíslan del núcleo. Por lo tanto, el cesio es más fácil de ionizar que cualquiera de los otros elementos de la Tabla 1.

Esto es interesante desde el punto de vista de una posible "propulsión iónica" para naves espaciales. Salir de la atmósfera y alejarse de la proximidad inmediata de un planeta es algo que requiere la fuerza bruta de una reacción química. Pero una vez afuera, en el espacio exterior, en lugar de emplear calor para expulsar gases de escape por una tobera a velocidades moderadas, usted puede usar un campo electromagnético para lanzar iones a velocidades cercanas a la de la luz. Como los iones son tan livianos la aceleración no es sino gradual, pero va aumentando. El cesio, al ser la sustancia más fácil de ionizar, es el material más eficiente para la propulsión por iones, y un gramo de cesio convertido en iones y emitido puede crear

[1] N. del T: El número atómico de un elemento es igual a su número de electrones como se ha visto en la Tabla 1.

lentamente una aceleración 140 veces más grande que la que se produce al quemar un gramo de cualquier combustible conocido.

El hecho de que, por una parte, el electrón exterior de los metales alcalinos puede ser arrancado con tanta facilidad y, por otra parte, las reacciones químicas implican intercambios de electrones, significa que los metales alcalinos sufren reacciones con gran facilidad. Son sustancias químicamente activas. Por ejemplo, figuran entre las pocas sustancias que reaccionan con el agua: arrancan los átomos de oxígeno de las moléculas de agua y se combinan con esos átomos de oxígeno, liberando hidrógeno puro.

La reactividad aumenta con el número atómico. Así, el litio reacciona con el agua de una manera más bien moderada, mientras que el sodio lo hace más enérgicamente. El sodio libera hidrógeno y calor en cantidades tales que lograr la ignición es una cuestión sencilla y es sumamente fácil provocar un "fuego de sodio".

A pesar de esto el sodio metálico se usa como reactivo en química orgánica (por ejemplo para secar líquidos orgánicos, ya que el sodio no reacciona con el líquido orgánico pero sí se combina con el agua que esta presente hasta no dejar rastros de ella). Cuando yo hice mi curso de química orgánica para graduados, se advirtió minuciosamente a la clase sobre la posibilidad de provocar fuegos de sodio y se hizo la promesa de que cualquiera que encendiera uno sería expulsado del curso para siempre. Yo palidecí ante la advertencia porque sabía perfectamente bien que si llegara a haber un solo fuego de sodio en clase, sería mío... Por fortuna no hubo ninguno y logré sobrevivir.

El potasio reacciona con el agua tan vigorosamente que el calor de la reacción enciende el hidrógeno de inmediato. El rubidio es todavía más activo, y el cesio explota en contacto con el agua y llega a reaccionar incluso con el hielo a temperaturas tan bajas como -116 ºC. El rubidio y el cesio también habrán de reaccionar rápidamente con el oxígeno y se encenderán espontáneamente al exponerlos al aire.

Los hidróxidos de los metales alcalinos son más alcalinos que los carbonatos, y la alcalinidad aumenta a medida que uno desciende en la lista. Así, el más alcalino es el hidróxido de cesio, que es tan reactivo que puede llegar a comer sustancias tan resistentes como el vidrio y el anhídrido carbónico. Debe almacenárselo en recipientes de plata o de platino, lejos del contacto con el aire.

El electrón exterior de los átomos de los metales alcalinos tiene consecuencias interesantes incluso cuando permanece en su lugar. Está agarrado tan débilmente al núcleo central que, si se lo compara con los otros electrones de su propio átomo o de otros átomos, forma una especie de abultamiento y ocupa una cantidad de espacio extraordinaria. Esto significa que cuando los átomos de un metal alcalino se reúnen para formar un trozo compacto de materia, los átomos están muy separados y hay relativamente muy pocos núcleos para un volumen dado. En otras palabras, los metales alcalinos poseen densidades excepcionalmente pequeñas: véase la Tabla 2.

TABLA 2

Metal alcalino	Densidad (gramos por centímetro cúbico)
Litio	0,5343
Sodio	0,971
Potasio	0,862
Rubidio	1,532
Cesio	1,873

En general, la densidad depende tanto de la masa de cada núcleo atómico por separado como de la distribución de dichos núcleos.

La masa del núcleo crece con el número atómico, de modo que la densidad crece a medida que uno recorre la lista de los metales alcalinos. Una distribución más espaciada de los átomos hace que el potasio sea menos denso que el sodio. Aun el más denso de los metales enumerados en la Tabla 2 es sólo un poquito más denso que el magnesio, que es el menos denso de los metales que se pueden emplear en la construcción (los metales alcalinos no se pueden usar). El rubidio está muy por debajo de la marca del magnesio de 1,738 gramos por centímetro cúbico, y los restantes metales alcalinos son todavía menos densos.

La densidad de1 agua es de 1.000 gramos por centímetro cúbico, de manera que el litio, el sodio y el potasio son menos densos que el agua y deberían flotar en ella. (De hecho, el pobre estudiante de química que inadvertidamente tire algún resto de sodio al lavabo observará, en los breves instantes antes que comience el fuego y que su carrera se conmueva hasta los cimientos, cómo los pedacitos de metal plateado silban, giran y flotan en el agua.)

Por razones de seguridad, al sodio y al potasio generalmente se los guarda en queroseno. El queroseno, constituido por moléculas de hidrocarburos inertes, tiene una densidad de cerca de 0,75 gramos por centímetro cúbico, de manera que el sodio y el potasio se hunden en el queroseno y descansan cómodamente en el fondo de la botella. El litio, todavía menos denso, debería flotar en el queroseno. Tiene sólo un poco más de la mitad de la densidad del agua y es el menos denso de todos los metales.

A dicho electrón exterior abultado es fácil empujarlo hacia adentro (comparativamente, se entiende), de modo que los metales alcalinos son excepcionalmente compresibles para tratarse de sólidos. El cesio es el más compresible de todos los que hemos considerado. El electrón exterior, débilmente agarrado, puede pasar fácilmente de un átomo al otro, que es lo que se requiere para conducir el calor y la electricidad. En este aspecto, los metales alcalinos se comportan muy bien pero son superados por el cobre, la plata y el oro, que también tienen un solo electrón en una capa exterior, pero presentan condiciones algo diferentes que hacen que estos elementos sean densos y poco reactivos.

El electrón exterior, completamente solo y muy débilmente unido al núcleo, cumple de manera más bien mediocre su función de unir a dos átomos vecinos. Los átomos no permanecen en sus lugares de una manera muy rígida y, por lo tanto, los metales alcalinos son blandos y cerosos, el litio menos que los otros. Cuando usaba sodio metálico en el laboratorio, recuerdo bien que lo comprimía mediante una "prensa para sodio" empleando la fuerza muscular, y lo veía salir a chorros como si fuera una pasta dentífrica más bien dura.

Aunque el electrón exterior único mantiene unidos a los átomos lo suficiente para hacer que los metales alcalinos sean sólidos a 25 ºC, por poco no lo logra. En conjunto los metales alcalinos se derriten a bajas temperaturas; ver Tabla 3.

TABLA 3

Metal alcalino	*Punto de fusión (en grados centígrados)*
Litio	179
Sodio	97,8
Potasio	63,6
Rubidio	38,9
Cesio	28,5

El punto de fusión disminuye a medida que aumenta el número atómico y el electrón exterior está agarrado de manera cada vez más débil. Cuando usted llega al rubidio tiene un punto de fusión a una temperatura de sólo 9,1 grados por encima de la que derrite al galio. En

cuanto al cesio, éste se derrite a una temperatura de 1,3 grados por debajo de la que derrite al galio. De todos los metales cuyos puntos de fusión se han medido, es el que ocupa el lugar más bajo luego del mercurio. Se derrite a una temperatura de sólo 3,5 grados por encima de los 25 ºC, que en grados Fahrenheit significan sólo 83,3 grados.

Sin embargo, según el patrón que he elegido, el cesio es sólido y parecería que el mercurio y el bromo siguen siendo los dos únicos elementos líquidos.

Pero, esperen, ¿quién dice que no hay nada más que cinco metales alcalinos? Si uno sigue recorriendo la lista de elementos a partir del cesio, finalmente llega a un elemento que tiene un número atómico de 87; que tiene ochenta y siete electrones alrededor del núcleo distribuidos como sigue: 2, 8, 18, 32, 18, 8, 1. También éste es un metal alcalino... ubicado más allá del cesio.

El elemento número 87 no fue descubierto hasta 1939, cuando fue detectado por la química francesa Marguerite Percy, que estaba purificando una muestra del elemento radiactivo actinio. El nuevo elemento recibió el nombre de "francio" en honor al país de origen de Percy.

Ocurre que el francio no es un elemento estable. Ninguno de sus isótopos conocidos es estable y no hay posibilidad alguna de que exista un isótopo desconocido que pueda ser estable. El isótopo menos inestable es el francio 223, y éste tiene una vida media de nada más que veintiún minutos. Esto significa que en la Tierra sólo pueden existir vestigios minúsculos de francio, y que en el laboratorio sólo se pueden crear pequeñísimas porciones de este elemento. La idea misma de trozos medibles de francio puro no es realista, pues su ritmo de desintegración produciría energía suficiente como para evaporar cualquier pedazo de tamaño razonable.

En consecuencia, no podemos conocer las propiedades físicas del francio metálico por observación directa y nunca se lo tabula junto a los otros metales alcalinos cuando se dan datos, como en las Tablas de este artículo.

No obstante, podemos determinar sus propiedades por analogía. Si pudiéramos suponer que el francio es un metal alcalino estable, podríamos decir con bastante seguridad que debería ser aún más activo que el cesio, que debería explotar cuando se lo pusiera en contacto con el agua, etc. Podríamos estar seguros de que el hidróxido de francio debería ser más alcalino que el hidróxido de cesio, que el francio sería un buen conductor del calor y de la electricidad, que debería ionizarse con mayor facilidad que el cesio, que debería ser más blando y más compresible, que debería formar toda una lista de compuestos análogos a los de los otros metales alcalinos, etcétera.

¿Y qué podemos decir del punto de fusión del francio? En la Tabla 3 vimos que el punto de fusión desciende a medida que aumenta el número atómico de los metales alcalinos. Del litio al sodio la disminución es de 81.2 grados: del sodio al potasio es de 34.2 grados; del potasio al rubidio es de 24,7 grados; del rubidio al cesio es de 10,4 grados. Es razonable suponer que el descenso al pasar del cesio al francio debería ser de unos 5 grados, por lo menos.

En ese caso es muy probable que el punto de fusión del francio esté cerca de los 23 ºC, y deberíamos considerarlo como líquido de acuerdo con el patrón arbitrario que hemos venido usando...

Sería el tercer elemento líquido.

Y, ¿termina allí la cosa, o podemos seguir recorriendo la lista de los elementos más allá del francio? Hasta el presente todos los elementos hasta el 105 aparecen en la naturaleza, o bien han sido preparados en los laboratorios, y los químicos intentan formar átomos de números atómicos todavía más altos, Sin embargo, tendríamos que llegar al elemento número 119 para encontrar un séptimo metal alcalino.

Podríamos llamar a este elemento 119 el “ekafrancio” (eka es la palabra sánscrita que significa “uno” y se emplea habitualmente para designar un elemento que no ha sido todavía descubierto y que se encuentra un lugar más allá de un elemento análogo dado).

El ekafrancio debería tener una distribución de electrones de 2,8, 18, 32, 32, 18, 8, 1; y tendría todas las propiedades de los metales alcalinos en un grado todavía más pronunciado que el cesio y el francio. Por cierto que debería ser un cuarto elemento líquido si no se tuviera en cuenta su inestabilidad, indudablemente enorme[1].

---

[1] N. del A.: El elemento 118 sería un séptimo gas noble, el ekarradón. Su punto de ebullición estaría cerca de los -20 ºC, y sería el duodécimo elemento gaseoso. Pensé que debería mencionarlo.

IX. TODA BILIS

Mi esposa Janet, que es médica, tiene problemas conmigo. Mientras ella cuida su dieta en extremo, yo, que siempre he disfrutado gracias a mi estómago de hierro, sólo pido que las porciones que ingiero tengan un tamaño saludable y después, a veces, me preocupo por conocer lo saludable de su contenido[1].

Por eso ella está algo más que un poco irritada por el hecho de que uno de mis proyectos actuales consiste en escribir un libro más bien extenso sobre dieta y nutrición. En particular, esto se me ocurrió una vez cuando estábamos almorzando en la casa de mi hermano Stan.

Mi cuñada Ruth, que había cocinado un plato delicioso y complicado sobre la base de huevos revueltos, se reservó para ella una porción del tamaño aproximado a la punta del dedo meñique. Janet la miró inquisitivamente.

-¿No quieres nada más que eso? -preguntó.

-Siempre pienso en el colesterol -dijo Ruth.

Enseguida Janet se volvió hacia mí y con un aire cariñoso de preocupación me dijo, dolorida:

-¿Por qué no piensas *tú* en el colesterol, Isaac?

-Lo hago -dije yo, mientras acomodaba los codos y me preparaba para enterrarme en mi plato-. Pienso todo el tiempo en él. Lo adoro.

Después de lo cual Janet dijo con un suspiro:

-¿Cómo es posible que te pidan que escribas un libro sobre dieta y nutrición? -Y mi hermano Stan dijo, burlándose:

-Es como pedirle a Hitler que escriba una historia de los judíos.

Después de todo eso, ¿qué puedo hacer sino escribir un artículo sobre el colesterol?

La historia del colesterol comienza con el hígado, un órgano que es característico de los vertebrados y que no se encuentra en ninguna otra forma de vida. Es la glándula más grande del cuerpo humano, con un peso de alrededor de un kilo y medio, y es la planta química más importante del cuerpo. Entre otras cosas, segrega un jugo que fluye a través de un conducto hacia la primera parte del intestino delgado, donde se mezcla con el alimento que llega del estómago ya batido.

La secreción del hígado no posee enzimas y no digiere directamente ninguna porción del alimento. No obstante contiene sustancias con propiedades detergentes que aceleran la disolución de glóbulos de grasa que hay en la comida hasta convertirlos en gotas muy pequeñas. Esto facilita el acceso a las grasas por parte de las enzimas que las digieren, que son segregadas por otras glándulas.

En inglés, la secreción que se forma en el hígado se denomina "gall", que proviene de una antigua palabra anglosajona que significa "amarillo", ya que el jugo fresco tiene una tonalidad amarillenta. La secreción también se denomina "bilis" igual que una palabra latina de origen incierto. El término griego que designa la secreción es *cholé.* Los tres términos, el anglosajón, el latino y el griego, participan en la formación de palabras modernas que están conectadas de alguna manera con la secreción. Por ejemplo, el conducto por el que pasa la secreción se denomina "biliar".

Los médicos griegos de la Antigüedad consideraban que existían dos variedades de bilis, la "bilis negra" y la "bilis amarilla". En esto se equivocaban, ya que sólo existe una clase de bilis que puede diferir en el color, dependiendo de su estado o frescura.

Las teorías médicas antiguas sostenían que cuando alguien sufría una superproducción de bilis negra, lo dominaba la tristeza y estaba "melancólico" (de una frase griega que significa "bilis negra"). Una superproducción de bilis amarilla significaba que una persona era dominada por la ira y estaba "colérica". Noten la presencia de *cholé* en ambas palabras. Tanto "bilis" como "hiel" también se usan para referirse a emociones humanas tales como la furia y el encono.

[1] *N. del A: No, no soy gordo. Peso unos 80 kilos, justo lo bastante para darme un atractivo aire de elasticidad.*

El hígado fabrica cerca de medio litro de bilis por día. Sin embargo, no lo entrega contínuamente al intestino delgado: ello sería un gasto inútil. El envío de la bilis sólo tiene lugar cuando el alimento entra al intestino delgado.

Entre dos comidas sucesivas, la bilis que se va formando se almacena en una bolsa especial que se denomina "vesícula biliar", un órgano con forma de pera que mide de cinco a siete centímetros de longitud (dos a tres pulgadas). La vesícula biliar tiene una capacidad de unos cincuenta mililitros (tres pulgadas cúbicas).

Una vez que la bilis ha sido almacenada, el agua se reabsorbe a través de las paredes de la vesícula de manera que la bilis se va concentrando paulatinamente a la espera de ser usada. Como máximo se concentra de diez a doce veces más que la bilis original y puede retener, por lo tanto, los ingredientes activos suficientes para más de un día de suministro. Cuando el alimento entra al intestino delgado, las paredes de la vesícula se contraen y la bilis concentrada entra a presión al intestino delgado.

Entre los ingredientes de la bilis hay tres sustancias con capacidad para ocasionar problemas: 1) sales de calcio, 2) la bilirrubina, un pigmento que da a la bilis su color, y 3) el colesterol. Los tres son relativamente insolubles y los tres permanecen en solución en la bilis sólo con dificultad. A medida que se va extrayendo agua de la bilis que esta almacenada en la vesícula, aumenta la dificultad para retener esos compuestos en la so1ución[1] [2].

En algunos casos uno, dos, o los tres precipitan de la solución para formar "cálculos". Las probabilidades de que se formen cálculos parecen estar relacionadas con factores sexuales (son más comunes en las mujeres que en los hombres), con factores hereditarios (son más comunes entre personas de cabello claro que entre las del cabello oscuro, y más comunes entre los judíos que entre los japoneses), y con la dieta (son más comunes entre la gente gorda que entre la gente delgada). Y también, ya que la grasa en la comida aparentemente estimula el flujo de bilis y aumenta los riesgos de que se formen piedras, los cálculos son más comunes entre aquellos que tienen una dieta abundante en grasas que entre quienes ingieren menos grasas.

Los cálculos pueden ser muy pequeños, casi como un grano de arena fina, o pueden ser tan grandes que uno solo puede casi llenar la vesícula biliar. A menudo tienen la forma de un guisante. Se vuelven especialmente molestos cuando bloquean el conducto que sale de la vesícula, en cuyo caso pueden producir un fuerte dolor abdominal y eventualmente lesionar el hígado. A menudo el mejor tratamiento consiste en extraer la vesícula biliar. Esto traba la eficiencia de la función biliar, pero no lo suficiente como para impedir que la gente que ha perdido su vesícula viva una vida perfectamente normal.

Desde el punto de vista químico los cá1cu1os biliares están ligados al químico francés Michel Eugène Chevreul, notable por haber sido el de más larga vida entre los científicos de primera magnitud. Nació en 1786 y falleció en 1889 a la edad de 102,6 años. En su décima década todavía seguía activo como científico e incluso fundó la gerontología, el estudio de la vejez, valiéndose de sí mismo (¿y de quién otro?) como sujeto. Su centésimo cumpleaños fue celebrado por los químicos de todo el mundo con tremendo entusiasmo y se lo saludó como "el Néstor de la ciencia".

Pero lo que nos interesa es el hecho que en 1823, cuando recién estaba dando sus primeros pasos, a los treinta y tantos años, Chevreul investigó los cálculos vesiculares y logró aislar en ellos una sustancia grasosa de apariencia nacarada. Creyó que era bilis solidificada, de manera que la llamó "colesterina" empleando las palabras griegas que significan "bilis sólida".

Pasó más de un siglo hasta que se llego a descifrar por completo la estructura química de la molécula de colesterina. La molécula está constituida por setenta y cuatro átomos, de los cuales veintisiete son átomos de carbono que están dispuestos en cuatro anillos conectados entre sí y en tres

---

[1] *N. del A.: Este hecho casual me da la oportunidad de observar. con mi agudeza habitual, que "Toda bilis se divide en tres partes" y pone en mis manos el título del ensayo. Sin embargo, si usted nunca ha oído la frase de Julio César sobre la Galia, tanta agudeza resulta un desperdicio.*

[2] *N. del T: El juego de palabra que da lugar al título original del artículo ("All GalI") se basa en el hecho de que gall (hiel, bilis) y Gaul (Galia). se pronuncian igual en inglés*

cadenas laterales. Dos de las cadenas laterales poseen un átomo de carbono cada una, y la tercera contiene ocho átomos de carbono.

Acompañando a los veintisiete átomos de carbono hay un total de cuarenta y cinco átomos de hidrógeno y una combinación de oxígeno-hidrógeno (un grupo oxhidrilo). El grupo oxhidrilo es característico de los alcoholes, y se suele agregar el sufijo "-ol" al nombre de los alcoholes. Así que fue, cuando se empezó conocer mejor la estructura de la colesterina, se cambió su nombre por el de "colesterol", por el cual la conocemos hoy día.

El colesterol forma parte de una familia de compuestos, todos los cuales tienen el mismo sistema de cuatro anillos y el grupo oxhidrilo adherido. A todos juntos se los conoce como "esteroles". Por lo que sabemos toda célula vegetal o animal, ya sea que constituya un organismo unicelular o que forme parte de uno multicelular contiene esteroles. Queda claro que son esenciales para el aparato celular; eso lo podemos ver. La única trampa en todo esto es que no sabemos exactamente por qué son esenciales para el aparato celular. Nadie ha establecido todavía que es exactamente lo que hacen.

Si bien tanto las células vegetales como las animales tienen esteroles, no tienen los mismos esteroles. Todas las células animales contienen colesterol, pero ninguna célula vegetal lo tiene, y no se conocen excepciones a esta regla. Un ejemplo de esterol vegetal es el estigmasterol, que difiere del colesterol por tener una cadena lateral de diez carbonos en lugar de la de ocho carbonos. El ergosterol, que aparece en vegetales unicelulares como los fermentos, parte la diferencia y tiene una cadena lateral de nueve carbonos. Mientras que el colesterol contiene veintisiete átomos de carbono, el ergosterol tiene veintiocho y el estigmasterol tiene veintinueve.

Por lo que sabemos, ninguna célula animal carece de la capacidad de fabricar su propio colesterol a partir de fragmentos bi-carbonados muy simples, que están generalmente presentes en toda célula que no esté verdaderamente muriéndose de hambre. Esto significa que ningún animal debe depender de su dieta como fuente de colesterol.

En particular, los seres humanos no necesitan colesterol en su dieta. Las células humanas pueden fabricar su propio colesterol. Para ver el significado de este hecho, empecemos de nuevo.

Las plantas pueden producir todos los componentes de su tejido celular a partir de las moléculas simples del suelo y del aire. No tienen otro remedio que hacerlo, ya que esto es lo único de que disponen para empezar, y una planta que no fuera completamente autosuficiente tendría que morir.

Por su parte los animales, que ingieren vegetales (o que comen animales que comen vegetales, o que comen animales que a su vez se comen a otros animales que ingieren vegetales... no importa cuántos animales haya en la cadena de alimentos, siempre ésta va a terminar en algunos vegetales) obtienen una gran variedad de moléculas complicadas en su alimentación. La mayoría de las veces descomponen estas moléculas en fragmentos más simples y reconstruyen sus propias variedades de moléculas complicadas.

Pero un cierto número de animales han perdido la capacidad para fabricar todas las combinaciones distintas de átomos que son necesarias para su funcionamiento a partir de los productos simples que resultan de la descomposición de las sustancias alimenticias. Algunas combinaciones de átomos deben ser extraídas intactas a partir del alimento, luego deben ser absorbidas y utilizadas en esa forma. Si las combinaciones de átomos no se hallan presentes en los alimentos, el animal debe prescindir de ellas: si no puede prescindir, debe morir.

Estos compuestos esenciales para la dieta deben cumplir dos criterios. Por una parte, deben contener combinaciones de átomos poco comunes que no se encuentren presentes en cantidades medibles en otros componentes de los tejidos. Si no fuera así la sustancia esencial para la dieta podría formarse a partir de esos otros componentes y no sería esencial desde el punto de vista de la dieta.

En segundo lugar, los compuestos esenciales de una dieta deben ser requeridos en cantidades relativamente pequeñas pues, de otra manera, el organismo estaría corriendo un riesgo demasiado grande al depender de la presencia de dichas sustancias en los alimentos en cantidades que resulten suficientes para sus necesidades.

Esto suena como si yo pensara que los organismos actuaran con un propósito determinado al organizar sus propiedades químicas pero, por supuesto, no es así. El difícil camino de la evolución es suficiente. Si, por azar, un dado organismo nace con una necesidad alimenticia de cierto producto que requiere en grandes cantidades, es muy probable que no vaya a conseguir bastante y deberá morir.

Sólo aquellos organismos que, también por azar, han nacido con requerimientos alimenticios razonables logran sobrevivir.

Pero, ¿por qué tienen que tener alguna necesidad alimenticia especial? ¿No lo pasaría mejor una célula o un organismo si fabricara todas sus combinaciones de átomos a partir de los materiales más simples posibles y dependiera de su dieta solamente para proveerse de aquellas sustancias que están invariablemente presentes en todas partes?... No necesariamente.

Ser completamente autosuficiente requeriría cargar a cada célula con cantidades de mecanismos químicos destinados a fabricar todos los grupos de átomos potencialmente útiles. Al desalojar el aparato químico destinado a la producción de aquellos grupos que sólo se necesitan en cantidades muy pequeñas y al contar con la dieta para la provisión de los mismos se deja sitio, por así decirlo, para otros mecanismos que son más necesarios para el complejo funcionamiento fisiológico de órganos animales avanzados, tales como el cerebro. En resumen, debemos aceptar una cierta torpeza en la dieta a cambio de haber logrado cierta maestría en otras direcciones.

Estas sustancias alimenticias esenciales son muy notables para nosotros, ya que es posible que nos falten y tengamos problemas, mientras que hay otras sustancias que no nos pueden faltar porque las fabricamos a discreción (en tanto no estemos muriéndonos de hambre). En consecuencia se nos ocurre la idea de que las sustancias alimenticias esenciales son *especialmente* importantes. Incluso dejamos de referirnos a la dieta y hablamos de "ácidos grasos esenciales", "aminoácidos esenciales", "vitaminas esenciales", etc. Llegamos así a pensar que todo lo demás no es esencial.

Muy por el contrario. Estas vitaminas y otras sustancias son, en verdad, esenciales. Sin embargo, dentro del cuerpo hay sustancias todavía más esenciales, sustancias tan esenciales que el organismo no se atreve a dejarlas libradas a la dieta, y por ello no nos llaman mucho la atención.

En otras palabras, el simple hecho de que usted no necesite colesterol en su dieta demuestra cuán importante es el colesterol para la química de su organismo.

Y ello tiene su utilidad. Si usted es un vegetariano completo y no come productos animales (no sólo no come carne, sino que tampoco come pescado, ni mantequilla, ni leche, ni huevos) entonces usted no tiene colesterol en su dieta: absolutamente nada. Y sin embargo su cuerpo no sufre. Puede descomponer todos los esteroles que recibe en fragmentos de dos carbonos, volcarlos en la mezcladora general a donde van a parar dichos fragmentos y luego producir todo el colesterol que necesita a partir de ellos. Podría hacer esto aun cuando no tuviera esteroles de ninguna clase para empezar, ya que puede emplear fragmentos de dos carbonos obtenidos a partir de otros componentes de la dieta.

Si una persona sí come alimentos animales, el colesterol que contienen es absorbido (de una manera bastante ineficiente) y se agrega directamente al producido por el cuerpo.

Ya que el colesterol es insoluble en el agua, pero soluble en las grasas (estas dos propiedades van casi invariablemente juntas en el caso de los compuestos que contienen carbono), se lo encuentra en las porciones grasas de los alimentos animales: en la yema de huevo, en la gordura de la leche (y por lo tanto en la crema, la mantequilla, el queso cremoso, etc.), en la grasa de la carne, etcétera.

Si por alguna razón usted, como mi cuñada Ruth, quiere economizar colesterol, debe evitar los huevos, la crema, la mantequilla, el tocino: sacarle la grasa a la carne: etcétera.

Si, en realidad, desea eliminarlo del todo, debe convertirse en un vegetariano estricto.

¿Por qué hay que preocuparse por rebajar la cantidad de colesterol en la dieta? Obviamente porque hay cierto deseo de no incitar al organismo a que lo aproveche. En principio, el organismo debería mantener un equilibrio y producir tanto menos por su cuenta cuanto más reciba de los intestinos. Lamentablemente esta situación ideal nunca se logra. Si el sistema que en el cuerpo se ocupa de sintetizar el colesterol no responde a la perfección, una cantidad anormal de colesterol en la dieta puede dar lugar a una cantidad anormal de colesterol en el cuerpo.

El contenido total de colesterol de un hombre que pese setenta y siete kilogramos (170 libras) es de 250 gramos (8 y 3/4 onzas). En otras palabras, el cuerpo esta formado por colesterol en una proporción de alrededor de un tercio del uno por ciento. En realidad, no es un ingrediente muy secundario.

Generalmente los tejidos pueden formar su propio colesterol. Pero el principal elaborador de colesterol en todo el cuerpo es el hígado. El hígado segrega colesterol hacia la corriente sanguínea de manera que esté disponible allí donde sea necesario.

La cantidad de colesterol en la sangre es de cerca de 200 miligramos por cada cien mililitros: los límites normales fluctúan entre 150 y 250. De modo que la sangre está compuesta por colesterol en una proporción de cerca de un quinto del uno por ciento, bastante menos que la proporción del cuerpo en su conjunto.

EI colesterol del cuerpo es la materia prima empleada en la elaboración de un cierto número de compuestos importantes que están relacionados químicamente con él y que en consecuencia, se denominan "esteroides" ("similares-al-esterol"). Las hormonas de la corteza adrenal -la cortisona, por ejemplo- son esteroides. Las hormonas sexuales son esteroides. En la bilis hay "ácidos biliares"que son esteroides, etc. No obstante, todos estos esteroides constituyen una porción muy pequeña del cuerpo. La mayor parte del colesterol sigue siendo colesterol y se lo usa como tal.

La porción del cuerpo más rica en colesterol es el sistema nervioso. Allí encontramos masas de células nerviosas que, en conjunto, tienen una apariencia grisácea y se las conoce como "materia gris".

Las células nerviosas tienen fibras que se extienden hacia fuera en todas las direcciones y, en general, tienen una fibra especialmente larga que se denomina el "axón". El axón está envuelto en un aislante grasoso, y la porción del cerebro que forman los axones reunidos se denomina "materia blanca", debido al aspecto blanco de la grasa.

Las células nerviosas trabajan produciendo pequeñísimos potenciales eléctricos que viajan a lo largo de las distintas fibras, especialmente por los axones, formando los denominados "impulsos nerviosos". Estos impulsos se las arreglan para saltar de una fibra a la otra atravesando brechas muy estrechas, y todo el funcionamiento del sistema nervioso depende de que estos fenómenos eléctricos no tengan fugas ni pérdidas.

Ciertos animales, como los calamares, resuelven el problema haciendo que el axón sea muy grueso para que de esta manera disminuya la resistencia y resulte más fácil a los pequeños impulsos eléctricos seguir en el axón que salirse de él. Entre los vertebrados el problema se resuelve rodeando a los axones con la aislación grasosa que ya he mencionado, también llamada "vaina de mielina". La vaina de mielina probablemente actúa como un aislante, pero ésa no puede ser su única función. Si sólo fuera cuestión de aislación bastaría con tener simples moléculas de grasa. En cambio, la vaina de mielina contiene moléculas de tipo graso muy complejas, incluyendo algunas que no aparecen en cantidades notables fuera del sistema nervioso.

La cápsula de mielina puede servir para mantener la integridad del axón, que a veces se extiende hasta una distancia tan grande de la célula misma que a uno le resulta difícil suponer que la célula pueda controlar y coordinar a todas estas moléculas tan distantes. Además la vaina de mielina debe actuar de alguna manera para aumentar la velocidad del impulso nervioso. En general, cuanto más delgado es el axón, mayor es la resistencia y más lento el impulso. Pero cuando hay una vaina el impulso nervioso se mueve a lo largo del delgado axón vertebrado con una velocidad notable. Puede pasar de punta a punta de un hombre alto en un quincuagésimo de segundo.

Entre los compuestos que están presentes en la vaina de mielina figura el colesterol. El colesterol representa cerca del uno por ciento de la materia gris en peso, y el cuatro por ciento en peso de la materia blanca, ya que dos de cada cinco moléculas de la vaina de mielina son de colesterol. Como no sabemos exactamente qué hace la vaina de mielina, por cierto que tampoco sabemos qué hace el colesterol que contribuya a su funcionamiento.

Pero no hay ninguna duda de que, haga lo que haga el colesterol, éste es esencial para la vaina de mielina, la vaina de mielina es esencial para el sistema nervioso y el sistema nervioso es esencial para nosotros.

Hasta aquí el colesterol parece un buen muchacho y uno esta inclinado a darle al hígado una palmada en la espalda y decirle: "Siga adelante, haga mucho."

Pero sucede que el colesterol y otras sustancias grasas tienen una tendencia a separarse de la sangre y a depositarse sobre las paredes interiores de las arterias medianas y grandes.

Cuando ocurre esto las paredes se cierran y endurecen. En general, ese estado se denomina "endurecimiento de las arterias" o "arteriosclerosis", que es la misma frase en griego. La clase

especial de endurecimiento que resulta de la acumulación de sustancias grasas sobre las paredes interiores se llama “aterosclerosis”. El prefijo está tomado de una palabra griega que significa “pasta” porque los depósitos grasos tienen una apariencia pastosa.

Las acumulaciones ateroscleróticas pueden dar lugar a toda una variedad de malas consecuencias. Como la pared arterial ha aumentado su espesor, el diámetro interior de la arteria disminuye y se puede transportar menos sangre. Ciertos órganos vitales pueden padecer por falta de oxígeno, y el peor efecto se produce cuando es el corazón el que carece de oxígeno. El corazón no puede soportar dicha carencia, y cuando sus arterias coronarias se vuelven ateroscleróticas surgen los dolores angustiantes de la angina de pecho.

Además, las paredes arteriales engrosadas pierden su flexibilidad. Normalmente, cuando el corazón se contrae y envía de golpe un torrente de sangre a las arterias principales, las paredes se dilatan para dar lugar a la sangre y reducir la presión sobre ellas. Al perder la flexibilidad, las arterias no se dilatan tanto como deberían hacerlo y la presión sanguínea aumenta. Sometidas al golpeteo de la alta presión sanguínea, las paredes de las arterias sufren nuevos cambios degenerativos y algunas pueden llegar a romperse.

Además, la pared aterosclerótica tiene una superficie áspera, a diferencia de la superficie suave de la pared arterial sana. La aspereza favorece la formación de coágulos y, de vez en cuando, uno de estos coágulos puede desprenderse y salir navegando por el torrente sanguíneo. Es posible que después se aloje en una de las arterias más pequeñas de manera que bloquee todo el torrente sanguíneo por dicha arteria.

Cuando esto ocurre en una de las arterias que se dirigen al corazón usted tiene una “trombosis coronaria”, el tan familiar “ataque cardíaco”. La porción del músculo cardíaco que era alimentada por esa arteria muere y la vida puede continuar (con la probabilidad de sufrir otros ataques por la misma razón), pero si el bloqueo es bastante grave puede producirse una muerte rápida.

Si el coágulo bloquea una de las arterias del cerebro usted sufre un ataque fulminante. Nuevamente, puede producirse la muerte en forma rápida o bien una porción del cerebro puede morir y el paciente, sobrevivir. Pero la muerte parcial del cerebro es algo más grave que la muerte parcial del corazón, ya que la primera dará lugar a una parálisis de uno o de otro tipo, permanente o temporaria: esta última tendrá lugar cuando otras partes del cerebro se puedan hacer cargo de la función de la parte dañada.

La aterosclerosis y las enfermedades circulatorias conexas se están convirtiendo en una causa de mortalidad cada vez más importante. Provocan más muertes que todas las demás causas juntas

Tampoco se puede decir que esto se deba solamente al éxito de la investigación médica en otros sentidos. Por cierto que muchas enfermedades han podido ser controladas de manera que la gente hoy se salva de morir de difteria, de fiebre tifoidea, de neumonía y de apendicitis, y puede así vivir hasta que le falle el aparato circulatorio. Sin embargo, allí no esta toda la respuesta. Cada vez muere más gente relativamente joven a causa de enfermedades circulatorias.

Un intento de explicación puede surgir del hecho que estas enfermedades son típicas donde reina la prosperidad. La aterosclerosis es más común en las naciones opulentas que en las pobres y, dentro de cada nación, es más común entre las clases opulentas. Es un hecho que la prosperidad va de la mano con un tipo de dieta. La gente rica come más alimentos que la gente pobre y, lo que es todavía más importante, come alimentos más caros... lo cual significa más alimentos animales.

Comer alimentos de origen animal significa comer colesterol y, ya que el colesterol aparece en los depósitos ateroscleróticos, debería haber una relación. Ya por 1914 se descubrió que la aterosclerosis podía ser inducida cuando se alimentaba a los conejos con grandes cantidades de colesterol. (En estado natural los conejos nunca comen colesterol, ya que son herbívoros y su organismo esta mal equipado para resistir este exceso anormal en su dieta.)

Una cantidad cada vez mayor de estudios ha demostrado que junto con la elevación del colesterol en la dieta hay una tendencia a producir un nivel de colesterol en la sangre que es más elevado que el normal y, por consecuencia, hay un aumento en la tendencia a la aterosclerosis.

Si lo antedicho fuera lo único, la cuestión sería simple. Pero sucede que hay otros factores. Algunos ácidos grasos saturados tienden a aumentar los niveles de colesterol en la sangre cuando se los incluye en la dieta, mientras que algunos ácidos grasos no saturados tienden a hacerlo disminuir.

Además hay factores que estimulan la aparición de la aterosclerosis aun cuando el colesterol no esté directamente involucrado. Un ejemplo es el hábito de fumar. Hay tres veces más ataques al corazón entre los fumadores que entre los no fumadores, y la incidencia de ataques cardíacos fatales es cinco veces más elevada. (En consecuencia, un fumador que reduzca el colesterol en su dieta mientras siga fumando -si se siente bien con eso- es un burro.)

También tiene su efecto los factores hereditarios, así como los estilos de vida, las actitudes psicológicas, etcétera.

No hay manera sencilla de evitar por completo la aterosclerosis y aumentar así las probabilidades de gozar de una larga vida. Pero usted puede probar varias estrategias. Puede eliminar el hábito de tabaco si es un adicto. Puede practicar ejercicios con moderación, evitar las situaciones tensas, adoptar una actitud serena y, si está usted excedido en su peso, adelgazar.

También puede usted reducir la ingestión de colesterol si se está excediendo. No es tan difícil quitarle la grasa a la carne, empezando por elegir cortes que tengan menos grasas, o reducir la ingestión de huevos, mantequilla, tocino y...

(¡Cielos, Janet! Debo estar tratando de convencerme a mí mismo.)

X. EL OLOR DE LA ELECTRICIDAD

No hace mucho tiempo tuve la oportunidad de pasar con mi automóvil por la ciudad de Fulton, en el estado de Nueva York, mientras iba en camino hacia Oswego, donde tenía que dar una charla. Y allí fue que paré el automóvil y grité: "¡Chocolate!"... Porque el chocolate es una de mis pasiones más ardientes.

Parece que en la ciudad hay una fábrica de chocolate, y a mi mujer le costó un buen rato convencerme para que pusiera el automóvil en marcha y volviera a manejar, antes de que mis exageradas aspiraciones me emborracharan tanto de oxígeno como para desconfiar de mi capacidad para conducir.

Todavía estaba fascinado por el recuerdo durante la cena de esa noche, que compartí con algunos estudiantes y profesores. Les conté mi experiencia y, recordando otra de mis locas pasiones dije: "Sí, por cierto, estoy seguro de que si hubiera un Cielo y se me juzgara digno de entrar a él, mi recompensa por una vida bien vivida debería consistir en chicas cubiertas de chocolate".

Por lo menos uno de los profesores presentes pareció impresionado por la idea porque se la pasó murmurando, "¡Chicas cubiertas con chocolate!, ¡hum!" durante el resto de la velada. Tal vez estaba tratando de evaluar qué tal sería una pelirroja bañada en chocolate semidulce.

Pero si ningún otro olor es como el del chocolate (por lo menos para mí), todos los olores evocan algo. En mi actuación como químico profesional estaba acostumbrado a sentir olores de una variedad muy distinta y, si bien es cierto que en su mayor parte no eran agradables por sí mismos, me traen de vuelta deliciosos recuerdos de cada una de las veces (¡ay, ahora cada vez más raras!) que entro a un laboratorio químico.

Así que hablemos de los olores.

Hacia mediados y fines del siglo XVIII, los científicos estaban fascinados con la electricidad. Almacenaban cargas eléctricas en botellas de Leyden, luego las descargaban, observaban las chispas, escuchaban los chasquidos, sentían las sacudidas y se divertían tanto como lo haríamos usted y yo en Carnaval. Y a veces detectaban un olor curioso que parecía ser característico de tales aparatos.

Por lo que sabemos, el olor fue específicamente mencionado por primera vez en 1785 por Martin van Marum, un físico holandés que construyó gigantescas máquinas de las cuales obtenía por frotamiento unas chispas grandes y hermosas.

Pero hubo que esperar hasta 1839 para que alguien que había percibido el olor pensara que no era solamente el olor de la electricidad, sino un compuesto químico definido. Ese alguien fue Christian Friedrich Schönbein, un químico alemán que contaba en su laboratorio con los dos ingredientes necesarios: equipo eléctrico y ventilación escasa.

Por aquel año de 1839 ya había sido descubierto el elemento cloro y el olor de la electricidad era algo parecido al del cloro, de modo que Schönbein no pudo menos que pensar que tenía una sustancia parecida al cloro, tal vez cloro combinado con otros elementos. Fuera lo que fuere, bautizó a la sustancia con el nombre de "ozono", del griego, *ozo*, que significa "yo huelo".

Algo que uno podía hacer era investigar en qué tipo de condiciones químicas aparecía el olor. En otras palabras, supongan que el equipo eléctrico estuviera solo, echando chispas y rodeado por nitrógeno puro o por hidrógeno puro, y que las chispas eléctricas se descargaran a través del gas. ¿Aparecería el olor? (Respuesta: no.)

En 1845, dos científicos suizos, un químico llamado Jean Charles Gallisard de Marignac y un físico de nombre Auguste Arthur de la Rive, hicieron circular oxígeno seco y puro a través de una descarga eléctrica y hete aquí que el olor apareció. Fuera lo que fuere el ozono tenía que ser una forma de oxígeno, puesto que no había ninguna otra cosa que pudiera formarlo.

Tratar de descubrir bajo qué forma se presentaba el oxígeno era un verdadero problema. Una dificultad provenía de que los químicos de la primera mitad del siglo XIX no sabían con certeza de qué manera se agrupaban los átomos para formar moléculas. Hoy sabemos que el oxígeno común esta constituido por moléculas, cada una de las cuales contiene dos átomos de oxígeno, de modo que el "oxígeno molecular" tal cual aparece en la atmósfera por ejemplo, se escribe O_2. Sin embargo, la evidencia necesaria para ver esto no fue expresada y aclarada hasta 1858, cuando el químico italiano Stanislao Cannizzaro demostró finalmente cómo determinar los pesos moleculares a partir de las densidades de vapor.

En aquella época no había forma de reunir bastante ozono puro como para medir su densidad, pero había otras maneras de atacar el problema. Las moléculas gaseosas recorren sus caminos tropezando con otras moléculas y también con los pequeños orificios que siempre hay en las sustancias aparentemente sólidas, de manera que si usted destapa una botella que contiene una sustancia de olor fuerte en un extremo de la habitación, tarde o temprano sentirá el olor de la sustancia en el otro extremo, incluso si los dos extremos están separados por un cartón, por ejemplo.

La velocidad de difusión es inversamente proporcional al peso molecular. O sea que una molécula más pesada se mueve más lentamente que una molécula más liviana. Por supuesto que eso tiene sentido, pero el truco consiste en determinar exactamente cuánto más lentamente se mueven las moléculas a medida que aumenta la masa.

En 1834, el químico escocés Thomas Graham, trabajando con moléculas cuyas masas relativas creía conocer bastante bien, realizó cuidadosas mediciones y llegó a la conclusión que la velocidad varía como la raíz cuadrada de la masa. En otras palabras, si una cierta molécula se mueve con una velocidad dada, otra molécula que sea cuatro veces más pesada se moverá dos veces más despacio (o si usted prefiere media vez más rápido): otra que sea nueve veces más pesada se moverá tres veces más despacio, etcétera.

Se encontró que esta relación (llamada "Ley de Graham") funcionaba muy bien y que se la podía usar con confianza si previamente se conocía la estructura de las moléculas. Por ejemplo, uno podía estudiar la velocidad con la cual se difundía el ozono. Para ello no se necesitaba reunir cantidades de la sustancia pura: bastaba con emplear vestigios y anotar en qué instante se podía encontrar alguna propiedad química detectable a una distancia dada del punto de partida.

En 1868, el químico J. Louis Soret realizó experimentos destinados a comparar la velocidad de difusión del ozono con las del cloro y del anhídrido carbónico. Resultó que el ozono difunde cerca de un cinco por ciento más despacio que el anhídrido carbónico y cerca de un veintidós por ciento más rápido que el cloro. Se conocían los pesos moleculares del anhídrido carbónico y del cloro (44 y 71, respectivamente) y por lo tanto se podía calcular que el ozono tiene un peso molecular de 48. Ya que el átomo de oxígeno tiene un peso de 16, resultaba claro que el ozono debía estar constituido por moléculas tri-atómicas. Mientras que el oxígeno común es O_2, el ozono es O_3.

En 1922, el químico alemán Georg Maria Schwab produjo ozono puro por primera vez y pudo medir su densidad, confirmando así la fórmula O_3.

El ozono no es simplemente una forma del oxígeno. Ambos son sustancias definidamente distintas que por casualidad están exclusivamente constituidas por átomos de oxígeno. No nos sorprende que el anhídrido carbónico (CO_2) sea un compuesto que difiere esencialmente del monóxido de carbono (CO), aun cuando la única diferencia es un átomo de oxígeno extra en la molécula del primero. Reemplace el átomo de carbono por un átomo de oxígeno en cada uno de ellos y tendrá ozono (OO_2) y oxígeno (OO).

La diferencia puede apreciarse de muchas maneras. El oxígeno es un gas incoloro que se puede condensar a temperaturas muy bajas para convertirse en un líquido azulado, y después congelarse a temperaturas todavía más bajas para formar un sólido de color azul algo más

oscuro. El ozono es un gas azul claro al que se lo puede condensar para convertirlo en un líquido azul intenso, y congelarlo para formar un sólido de color violeta tan subido que es prácticamente negro. Tanto el oxígeno gaseoso como el ozono gaseoso contienen el mismo número de moléculas en un volumen dado. No obstante, el hecho de que la molécula aislada de ozono tenga tres átomos de oxígeno frente a dos de la molécula de oxígeno, hace que el ozono gaseoso pese la mitad más que el oxígeno gaseoso. Un litro de oxígeno bajo condiciones atmosféricas normales pesa 1.43 gramos: un litro de ozono gaseoso bajo las mismas condiciones pesa 2,14 gramos.

La mayor densidad subsiste en la forma líquida. En su punto de ebullición la densidad del oxígeno líquido es de 1,142 gramos por mililitro (o 1.142 gramos por litro), que es cerca de 800 veces más denso que el gas. A la misma temperatura el ozono líquido tiene una densidad de 1,571 gramos por mililitro, que representa una densidad 750 veces mayor que la del gas. (En su forma líquida las moléculas tri-atómicas no pueden aglomerarse de una manera tan compacta como las moléculas di-atómicas.)

En igualdad de condiciones, las sustancias que tienen moléculas grandes y pesadas suelen tener puntos de ebullición y de fusión más altos que las sustancias que tienen moléculas pequeñas.

El oxígeno líquido se congela hasta volverse sólido a una temperatura de -218,8 ºC, o sea, 54,4 grados por encima del cero absoluto -lo que podemos escribir como 54.4 ºK- y hierve a 90,2 ºK. Sin embargo, el ozono líquido, debido a que su molécula es más grande, se congela a 80,5 ºK y hierve a 161.3 ºK.

El ozono también es bastante más soluble en agua que el oxígeno. A 0 ºC un litro de agua puede disolver 4,9 centímetros cúbicos de oxígeno, pero puede disolver 49 centímetros cúbicos de ozono, justamente diez veces más.

Usted podría pensar que, como ambos están formados solamente por átomos de oxígeno, el oxígeno líquido y el ozono líquido deberían por lo menos parecerse lo bastante como para mezclarse espontáneamente, pero ello no es así. En el rango de temperaturas a las cuales el oxígeno es líquido, una parte de oxígeno líquido se mezcla con tres partes de ozono líquido, y viceversa. Sin embargo, si usted quisiera mezclar proporciones iguales de oxígeno y ozono líquido y las agitara bien, acabaría por tener dos líquidos separados por una clara línea divisoria. El líquido de arriba, azul intenso, sería principalmente oxígeno líquido con algo de ozono líquido disuelto. El líquido de abajo, casi negro, sería principalmente ozono líquido con algo de oxígeno líquido disuelto.

El oxígeno no tiene olor. No puede tenerlo. Lo respiramos constantemente: estamos completamente saturados. Sean cuales fueren los cambios químicos en el revestimiento interior de nuestra nariz que producen la sensación olfativa, ninguno de éstos puede tener lugar con el oxígeno, ya que toda reacción posible se ha producido en el comienzo mismo de la sensación olfativa en el individuo. Si pudiéramos imaginarnos a nosotros mismos viviendo, de alguna manera, sin nada de oxígeno y habiendo extraído todo el oxígeno gaseoso de nuestro cuerpo, y si *entonces* tuviéramos que respirar un poco de oxígeno, indudablemente recibiríamos la sensación de un olor muy pronunciado y probablemente desagradable.

Bueno, el ozono tiene esa clase de olor, y bastante fuerte por cierto. En verdad, el ozono puede ser detectado simplemente por su olor cuando en el aire hay una fracción tan pequeña como el 0.01 ppm (partes por millón), siempre que no haya otros olores presentes.

Además, el ozono es altamente venenoso (al contrario del oxígeno, que es inmediata y continuamente esencial para la vida). Una concentración de 0,l ppm en aire representa la cantidad máxima permisible para ocho horas de exposición continua. El ozono es cerca de cien veces más venenoso que el monóxido de carbono.

La formación de ozono a partir del oxígeno requiere un consumo de energía. Los dos átomos de oxígeno que forman una molécula ocupan posiciones relativas (de uno con respecto al otro) estables. Si se los deja solos en condiciones normales se mueven y rebotan uno alrededor del otro, pero, al hacerlo, ni se pegan como en una molécula doble ni se separan para dar lugar a átomos aislados.

Agregar un tercer átomo de oxígeno a una pareja que se lleva tan bien no es fácil. Una forma de lograrlo consiste en agregar energía al sistema en forma de descarga eléctrica, que es el método por el cual se descubrió el ozono.

Otra forma consiste en exponer el oxígeno a la luz. No a la luz ordinaria, que no tiene energía suficiente, sino a la luz ultravioleta. Si se expone a la luz ultravioleta el oxígeno contenido en un recipiente de cuarzo (el cuarzo permite el paso de la luz ultravioleta, mientras que el vidrio común no), al liberarlo dará olor a ozono. Asimismo, si se expone oxígeno líquido a la luz ultravioleta (un experimento efectuado por primera en 1907). se vuelve progresivamente más azul a medida que se va formando ozono líquido.

Lo que posiblemente ocurre en tales casos es que la energía de la descarga eléctrica o de la radiación ultravioleta partirá en dos algunas moléculas de oxígeno para formar átomos de oxígeno libre ("oxígeno atómico"). Si sólo estuviera presente el oxígeno atómico, los átomos chocarían y se recombinarían para formar moléculas de oxígeno, liberando la energía que se había gastado para dividir aquella molécula (aunque la energía liberada bien podría ser distinta por su forma de la que había ingresado al sistema en un comienzo).

Sin embargo, son relativamente pocas las moléculas que se dividen, de modo que los átomos de oxígeno libre que andan vagando por el gas tienen una probabilidad tremendamente alta de chocar con moléculas de oxígeno intactas. La actividad química de un átomo de oxígeno libre es de por sí muy elevada, y con la energía que le agrega el agente que provoca las divisiones, el átomo puede adherirse a la molécula de oxígeno para formar ozono.

Si un átomo se agrega a una molécula, a costa de cierta energía, podemos esperar que con el tiempo se separe nuevamente y vuelva a liberar dicha energía (tal vez bajo una forma diferente). Cuanto más difícil sea agregar el átomo, tanto más fácil será separarlo.

El ozono, que se forma a partir del oxígeno con gran dificultad, se convierte nuevamente en oxígeno de manera espontánea, bastándole el estímulo de una pequeña cantidad de calor. El calor hace que la molécula de ozono vibre con mayor energía hasta que el tercer átomo se zafe. Esto libera más energía, la cual sacude con mayor vigor a las restantes moléculas, produciendo más rupturas sin que la energía liberada aparezca en una forma suficientemente concentrada como para permitir la recomposición del ozono. Una vez que ha comenzado, el proceso de descomposición de las moléculas de ozono avanza rápidamente hasta completarse. De hecho, si no se toman precauciones, el proceso de descomposición se hace tan rápido que el ozono explota.

Schönbein, que descubrió el ozono, encontró que si se hace pasar a través de un tubo calentado una cierta cantidad de oxígeno conteniendo ozono, emerge del tubo como oxígeno puro. Ese fue uno de los primeros experimentos que confirmaron que el ozono estaba constituido solamente por átomos de oxígeno.

Cuando el ozono se descompone para liberar átomos de oxígeno y no hay ningún otro elemento presente, por carecer esos átomos del impulso que puede proporcionarles la energía concentrada, no pueden volver a atacar las moléculas de oxígeno, y no pueden hacer otra cosa que unirse para formar moléculas de oxígeno.

Incluso a la temperatura ambiente las moléculas de ozono se descomponen a veces, pero lo hacen en proporciones tan pequeñas que la unión ocasional de átomos de oxígeno libre no libera mucho calor. El calor liberado surge a un ritmo tan lento que tiene tiempo para ser irradiado hacia el ambiente con la misma rapidez con que es producido y la temperatura no

sube. En consecuencia, aunque el ozono que se encuentra a temperatura ambiente puede descomponerse muy lentamente, nunca lo hace de manera explosiva si está puro. El ozono líquido, cuando es puro, se descompone de manera tan lenta por su baja temperatura que se lo puede considerar como prácticamente estable.

No obstante, puede suceder que esté presente alguna impureza a la que los átomos de oxígeno libre puedan atacar con mayor facilidad que a la molécula de oxígeno. La presencia de tales sustancias en el ozono aumenta su inestabilidad.

Imaginen que el ozono contenga pequeñas cantidades de moléculas constituidas, al menos en parte, por átomos de carbono e hidrógeno. (Esto es característico de toda molécula orgánica del tipo que forme, o alguna vez haya formado parte de un tejido vivo, o que se parezca a las sustancias que forman, o alguna vez formaron parte de un tejido vivo.)

El átomo de oxígeno libre ocasionalmente producido por la ruptura espontánea del ozono se combina fácilmente, aun a bajas temperaturas, con átomos de carbono e hidrógeno y libera una cantidad considerable de calor. Por lo tanto, la temperatura sube con mayor rapidez en presencia de moléculas orgánicas que en su ausencia: la descomposición se acelera y se alcanza rápidamente el punto de explosión. Naturalmente que cuanto mayor sea la concentración de ozono, tanto más probable es que esto ocurra, de modo que el ozono que se encuentra en concentraciones elevadas debe ser tratado con mucho cuidado, debe mantenérselo bien libre de impurezas (a menos que sean de oxígeno) y conservarlo a una temperatura razonablemente baja. De no procederse así, se corre el riesgo de una explosión.

Puede parecer más bien sorprendente que el oxígeno libre que se encuentra en la atmósfera haga en realidad muy poco daño. Los átomos de oxígeno se combinan rápidamente con la mayoría de los otros átomos, en especial con los átomos de carbono e hidrógeno que forman parte de las moléculas orgánicas. ¿Por qué no se combina instantáneamente el oxígeno que hay en el aire con toda la materia orgánica del mundo (incluyéndonos a nosotros), y por qué no lo hace con bastante energía como para producir una gran conflagración que termine con todo el oxígeno y convierta a toda la materia viva en cenizas?

Que esto no ocurra se debe enteramente al hecho de que los dos átomos de oxígeno en la molécula están agarrados entre sí con mucha fuerza. Mientras permanecen juntos son relativamente inofensivos y su combinación con otros átomos tiene lugar de una manera tan lenta que es prácticamente despreciable.

Cuando la temperatura asciende, la molécula de oxígeno vibra cada vez con mayor fuerza y la unión entre sus átomos se debilita. Se llega a un punto en el que cada átomo de oxígeno por separado se combinará con mayor facilidad con un átomo de carbono o de hidrógeno para formar algún compuesto orgánico en lugar de permanecer amarrado a su gemelo en la molécula. La combinación de átomos de oxígeno con otros átomos libera calor, lo cual aumenta todavía más la temperatura, debilita más la unión oxígeno-oxígeno y acelera más todavía la combinación de átomos de oxígeno con otros átomos.

En otras palabras, hay una “temperatura de ignición” y una vez que ésta se alcanza la combinación con el oxígeno (“oxidación”) continúa con gran rapidez produciendo, en el caso de la mayoría de las sustancias orgánicas, vapores tan calientes que se encienden. Tenemos así la combustión y el surgimiento del fuego.

EI tercer átomo de oxígeno del ozono esta unido tan débilmente que se requiere muy poco calor o ninguno para incitarlo a combinarse con algún otro. Para las sustancias es mucho más fácil combinarse con átomos de oxígeno cuando hay ozono que cuando hay moléculas de oxígeno. Por lo tanto el ozono es un “agente oxidante” mucho más activo que el oxígeno.

El mercurio metálico, por ejemplo, no se combina con el oxígeno a la temperatura ambiente. Cuando está en contacto con el aire conserva su brillo y su apariencia metálica. Pero en presencia del ozono el mercurio se aherrumbra y forma un óxido. La plata también se

oxida con el ozono si se la calienta un poco. Hay numerosas reacciones químicas que no se pueden dar con el oxígeno, pero que se producen con el ozono.

El efecto oxidante del ozono puede utilizarse en la química orgánica. Veamos cómo funciona:

Las moléculas orgánicas consisten en cadenas o anillos de átomos de carbono, a cada uno de los cuales pueden unirse otros átomos. Por lo común cada átomo de carbono esta atado a los átomos de carbono adyacentes gracias a que comparte un solo par de electrones con cada vecino. Por razones históricas, esto se denomina "unión simple". A veces la unión se produce cuando se comparten dos pares de electrones: una "unión doble".

Al estudiar la estructura de las moléculas orgánicas los químicos se interesan por saber si tienen lugar uniones dobles y, de ser así, en qué parte de la estructura se encuentran. Una manera de determinar esto consiste en aprovechar el hecho de que una unión doble constituye un punto débil en la cadena de carbonos. (Usted podría pensar que dos átomos ligados por una unión doble están amarrados con más fuerza que cuando están ligados por una unión simple, pero no sucede así. En este aspecto la imagen que surge de la palabra "unión" es engañosa. Cuatro electrones amontonados entre los átomos forman una configuración menos estable, y ello hace que la unión sea más débil.)

El oxígeno mismo no es un agente oxidante tan activo como para sacar ventaja de la debilidad de la unión doble, pero el ozono sí lo es. La molécula de ozono puede agregarse con gran rapidez en el punto de la unión doble. Los tres átomos de oxígeno se incorporan para formar un "ozónido". (Este proceso fue descrito por primera vez por Schönbein en 1855.)

Para formar ozónidos los químicos emplean un chorro de oxígeno con una concentración de ozono no mayor que del seis al ocho por ciento, a fin de evitar una reacción demasiado rápida. Generalmente el ozónido mismo que se forma es explosivo, de modo que los químicos no lo dejan suelto. Lo hacen reaccionar con agua u otras sustancias y dicha reacción divide a la molécula en el punto donde se agregó el ozono, división que se conoce como "ozonólisis".

Para el caso de una cadena de carbonos usted tiene dos moléculas más pequeñas en lugar de la molécula original que tenía una unión doble. En el caso de un anillo de carbonos, dicho anillo se rompe y se forma una cadena de carbonos. En cada caso, estudiando la naturaleza de las moléculas que aparecen después de la ozonólisis, los químicos pueden determinar la naturaleza de la molécula original y la posición exacta de la unión doble. La ozonólisis se empleó, por ejemplo, para determinar la estructura de la molécula del caucho y así guiar la habilidad de los químicos hasta lograr la formación de cauchos sintéticos sobre una base bastante mejor que el azar.

A veces el compuesto químico más pequeño que aparece con la ruptura de la cadena por ozonólisis es más valioso que el original. Por ejemplo, es fácil obtener de las plantas un compuesto llamado eugenol. Éste se convierte fácilmente en un compuesto afín llamado isoeugenol, y este último puede descomponerse por ozonólisis para formar la vainillina, el compuesto mucho más valioso que da su sabor a la vainilla. Esta fue la reacción de ozonólisis de mayor importancia comercial que se produjo en las primeras décadas del siglo veinte.

Desde entonces otra ozonólisis la ha superado en importancia. El ácido oleico, cuyas moléculas contienen una cadena de dieciocho carbonos, se encuentra generalmente en todos los aceites y las grasas naturales. La molécula tiene una unión doble justo en el medio de la cadena y por medio de la ozonólisis se la divide en dos moléculas de nueve átomos de carbono cada una, que luego pueden usarse como ingredientes básicos para formar ciertas otras sustancias que tienen aplicaciones útiles.

El ozono es semejante por sus reacciones químicas al cloro, pues ambos son agentes oxidantes. (En los comienzos de la química lo que llamamos oxidación era algo tan

característico del oxígeno que no parecía razonable pensar en relacionarlo con otras sustancias. Sin embargo, la oxidación se produce cuando la sustancia que es oxidada pierde electrones, y el cloro puede cumplir esa tarea. El elemento flúor puede sacar electrones con mayor facilidad que el cloro, el oxígeno o el ozono, y es el agente oxidante más potente que se conoce. De hecho, el flúor puede oxidar al mismo oxígeno, quitándole electrones al átomo de oxígeno.)

Generalmente las sustancias coloreadas pierden sus colores cuando se oxidan. Un agente que logre oxidar dichas sustancias sin afectar seriamente al material textil donde se encuentran puede servir como blanqueador. El cloro y varios compuestos que lo contienen actúan como blanqueadores, al igual que el ozono.

El cloro también puede matar a los microorganismos. (también nos puede matar a nosotros, si lo respiramos en cantidad suficiente.) Esta acción mortífera del cloro es útil para esterilizar el agua de las piscinas y para hacer que el agua que se provee a la ciudad sea potable (si bien no precisamente agradable).

La ozonización, que es menos común que la cloración, cumple la tarea con mayor rapidez y, puesto que el ozono se convierte en oxígeno durante el proceso, no le da mal gusto al agua.

Asimismo, si se agrega ozono al aire de las cámaras frigoríficas hasta alcanzar de una a tres partes por millón, también se logra un propósito útil. El ozono se suma al frío reinante para inhibir el crecimiento del moho y de las bacterias.

El empleo del ozono en diversos procesos de purificación puede haber dado origen a la idea de que el ozono es una forma del oxígeno especialmente pura y vigorizante en las mentes de quienes están libres del pecado de la química. A veces se usa al ozono como sinónimo de aire libre, limpio, lejos de la suciedad de las grandes urbes.

En realidad, hay cierta cantidad de ozono en la atmósfera que nos rodea, cuya formación se debe a la acción de la luz solar. En las áreas rurales puede alcanzar un nivel de 0,02 a 0.03 ppm (partes por millón), que sería suficiente para olerlo si no lo taparan los otros olores propios del campo. En las ciudades generalmente hay menos ozono debido a que hay menos luz solar, a menos que haya ciertas impurezas químicas en el aire del tipo de las que forman el "smog"[1]. Éstas tienden a estimular la formación de ozono por la luz solar, y se han llegado a medir concentraciones de hasta 0,5 ppm durante breves períodos de tiempo en días brumosos: esta concentración se ubica claramente en la zona de peligro.

Dejando a un lado su efecto sobre la salud humana, la presencia del ozono puede provocar problemas, pues el mismo se agrega a las uniones dobles de las cadenas químicas, en especial a las del caucho. La goma ozonizada pierde su elasticidad y se vuelve quebradiza, de manera que el smog puede dañar las cubiertas de los automóviles, que deben recibir un tratamiento especial que las vuelva resistentes.

La presencia natural del ozono en la atmósfera adquiere una importancia mucho mayor a grandes alturas, y en el próximo capítulo habré de encarar dicho tema desde otro punto de vista.

---

[1] *N. del T: Smog= smoke (humo) +Fog (niebla) es la denominación universal de la capa de humo y niebla que se forma típicamente en las ciudades con alto grado de contaminación atmosférica.*

XI. VICTORIA SILENCIOSA

No hace mucho estuve presente en un banquete muy bien organizado en el que el famoso abogado Louis Nizer pronunció uno de los dos discursos principales. La alocución constituyó una visión experta y optimista del futuro de la humanidad, fue pronunciada con perfecta elocuencia y sin la ayuda de apuntes. Verdaderamente se trataba de una pieza oratoria superlativa de ciencia-ficción, y como yo estaba allí en la cabecera junto a él, no pude menos que retorcerme de envidia. Me estaban derrotando en mi propio campo... y el que lo hacía era un visitante.

Quince minutos después de que hubo terminado me tocaba a mí hablar, pero yo era uno entre cincuenta (exactamente cincuenta) y se esperaba que hablaría sólo un par de minutos. Creo que también se esperaba que yo emplearía mi par de minutos para expresar humildemente mi gratitud por el honor que se me dispensaba (a mí y a los cuarenta y nueve). Sin embargo, mi humildad está muy poco desarrollada, y era algo bien distinto lo que yo quería hacer.

Dije (hablando bien rápido para poder despachar todo dentro del límite de tiempo):

-El doctor Nizer les ha dado una imagen excelente de un futuro maravilloso y, ya que yo soy un autor de ciencia-ficción, no puedo menos que envidiar la claridad y la elocuencia de su descripción. No obstante, debemos recordar que los distintos gobiernos de la Tierra son, en esta época complicada que nos toca vivir, los agentes directos del cambio: y que son ellos quienes determinan francamente la naturaleza, el grado, el sentido y la eficiencia de los cambios. También debemos recordar que la mayoría de los gobiernos están en manos de los abogados; por cierto que el nuestro lo está. La pregunta que debemos hacernos es, entonces, ¿qué podemos esperar de los abogados?

Y a propósito de esto, hay un cuento sobre un médico, un arquitecto y un abogado que una vez, mientras tomaban unos tragos, se pusieron a discutir sobre la antigüedad de la profesión de cada uno.

El médico dijo: -Durante el primer día de vida de Adán, Dios lo sumió en un sueño profundo, le quitó una costilla y de ésta creó una mujer. Ya que ésta fue sin duda una operación quirúrgica, yo sostengo que la medicina es la profesión más antigua del mundo.

-Esperen un momento -dijo el arquitecto-. Debo recordarles que durante el primer día mismo de la Creación, por lo menos seis días antes de la extracción de la costilla de Adán, Dios creó los cielos y la tierra a partir del caos. Ya que esto constituye un acto de construcción, sostengo que la arquitectura tiene el lugar de privilegio.

-Ah, sí -murmuró, el abogado-, pero, ¿quién creen ustedes que creó el caos?

Y mi corazón se regocijó cuando el tronar de las risas que provoqué prometió ser (y de verdad resultó ser al final) el más fuerte y prolongado de toda la velada... Y el doctor Nizer también se rió, según pude ver con alivio.

El cuento también viene a propósito de lo que sigue. En el capítulo anterior hablé sobre el ozono. En nuestra vida diaria encontramos el ozono (constituido por tres átomos de oxígeno por molécula) porque se forma a partir de la molécula diatómica ordinaria que es tan común en la atmósfera.

Pero, ¿quién suponen ustedes que creó el oxígeno ordinario?

No, no fue un abogado...

Una atmósfera que contiene tanto oxígeno libre como la nuestra es inestable desde el punto de vista termodinámico. Ello significa que, librado a sí mismo, el oxígeno libre debería desaparecer gradualmente. Por una parte, debería reaccionar lentamente con el nitrógeno y con el vapor de agua que se encuentran en el aire para producir ácido nítrico.

Por cierto que esto debería ocurrir muy lentamente, pero la Tierra existe desde hace 4.600 millones de años. A estas horas todo el oxígeno se habría combinado, en especial debido a que la energía de los rayos acelera la reacción y produce cantidades perceptibles de ácido nítrico, que cumplen la función de ayudar a renovar la provisión de nitratos fertilizantes para la tierra seca.

Si todo el oxígeno se combinara con nitrógeno, y si el ácido nítrico resultante fuera a parar al océano (como lo haría), el océano se volvería lo bastante ácido como para hacer imposible la vida tal como nosotros la conocemos.

Bueno, ¿a qué se debe que el océano no se haya convertido en ácido hace mucho tiempo?, y si no lo ha hecho, ¿por qué razón no se está transformando lentamente en ácido hoy día?... Las pequeñas cantidades de ácido nítrico que forman nitratos en el suelo y en el océano son recogidas por los organismos vivos que habitan la tierra y el mar y con el tiempo vuelven a tomar la forma de nitrógeno, oxígeno y agua.

Por así decirlo, el nitrógeno y el oxígeno caen rodando por la montaña cuando forman ácido nítrico, mientras que los organismos vivos los patean de vuelta hacia arriba con la misma rapidez con que se forman. Los organismos vivientes hacen esto gracias a la energía que obtienen a partir de las sustancias químicas que hay en sus tejidos, sustancias que de una u otra manera se formaron originalmente gracias a la energía solar. En consecuencia es la energía del Sol, a través de los organismos vivos, la que mantiene en estado libre al oxígeno de nuestra atmósfera y hace posible la vida animal, incluyendo la nuestra.

Esto suena a círculo vicioso. ¿Es que la vida sólo es posible debido a algo que la misma vida hace? En ese caso, ¿cómo se inició la vida?

Pero en realidad el círculo no se cierra. La vida *animal es* la que no puede existir sin oxígeno libre. Ninguna forma de vida animal puede conservar una atmósfera de oxígeno. Es la vida vegetal la que mantiene la atmósfera de oxígeno y la que puede prescindir del oxígeno libre en caso necesario. La vida animal es parasitaria de la vida vegetal y no puede existir en ausencia de ésta (al menos en la forma que conocemos en la Tierra).

Pero, entonces hubo una época en que tampoco existió la vida vegetal sobre la Tierra: en que no existía ninguna clase de vida. Tampoco había en ese entonces oxígeno libre en la atmósfera: no podía haberlo. ¿Esto quiere decir que el oxígeno que existía estaba combinado con el nitrógeno y que la Tierra tenía un océano formado por ácido nítrico diluido? La respuesta es no, pues en tal caso parece dudoso que la vida, tal como la conocemos, se pudiera haber desarrollado.

Si el oxígeno y el nitrógeno no estaban combinados entre sí, cada uno de ellos debe haber estado combinado con algún otro elemento. El único otro posible es el hidrógeno, del cual hay superabundancia en el Universo, siendo el elemento que constituye la mayor parte de la materia de los dos cuerpos más grandes del sistema solar (el Sol y Júpiter), y cuya abundancia en la Tierra debe haber sido mucho mayor en épocas primitivas que en la actualidad.

El oxígeno combinado con el hidrógeno es el agua (H_2O) y el nitrógeno combinado con el hidrógeno es el amoníaco (NH_3). Además el carbono, un elemento común, se puede combinar con el hidrógeno para formar metano (CH_4). La atmósfera primitiva (A-I) pudo estar formada por amoníaco, metano, vapor de agua e incluso cierta cantidad del mismo hidrógeno. Una atmósfera tan rica en hidrógeno se denomina “atmósfera reductora”, por motivos que se ocultan en la historia de la química y que no deben preocuparnos. La atmósfera actual, rica en oxígeno, es una “atmósfera oxidante”.

En consecuencia, cuando se considera el origen de la vida es necesario imaginar procesos que pueden tener lugar en una atmósfera reductora.

Si se deja librada a sí misma una muestra que contiene fragmentos de atmósfera reductora y de océano, no pasa nada. Los diversos compuestos: agua, amoníaco, metano e hidrógeno, forman una mezcla estable desde el punto de vista termodinámico, lo cual significa que las

moléculas no se pueden transformar en nada nuevo a menos que haya una energía capaz de empujarlas cuesta arriba.

Sin embargo, en la Tierra primitiva *había* energía. Estaba el calor originado en la actividad volcánica, el calor y el poder ionizante de los rayos, la radiación intensa de los átomos radiactivos y la radiación constante del Sol. Con toda probabilidad todas estas fuentes de energía eran más intensas en la Tierra primitiva que en la actualidad.

En 1952, el químico estadounidense Stanley Lloyd Miller comenzó con una muestra pequeña de una mezcla semejante a la de la atmósfera primitiva, empleó chispas eléctricas como fuente de energía y en el transcurso de una semana se encontró con que las moléculas simples se habían combinado para formar moléculas algo más complicadas, incluyendo un par de los aminoácidos que constituyen los ladrillos a partir de los cuales se construyen las proteínas, moléculas esenciales para la vida. Desde entonces otros experimentos realizados con el mismo objeto han dejado bien en claro que debe haberse producido una serie continua de cambios orientados hacia la vida, a partir de la combinación de una atmósfera reductora más un océano más energía.

¿Podemos decir qué forma específica de energía fue la principal responsable de la aparición de la vida en la Tierra primitiva? Consideremos que, de todas las formas, la radiación solar es la más continua y penetrante y parece lógico darle la parte del león en cuanto al mérito de nuestra actual presencia por aquí. En especial podríamos dar las gracias a la componente más energética de la luz solar, la radiación ultravioleta. En efecto, los experimentos han demostrado de manera precisa que la luz ultravioleta tiene energía suficiente para interactuar con las sustancias químicas de la atmósfera primitiva y para hacerlas arrancar en su marcha hacia la vida. (La luz visible ordinaria no tiene la energía suficiente.)

Además parece razonable suponer que la vida comenzó en la superficie del océano. El océano está constituido por un conjunto de moléculas de agua y tiene en solución muchas otras moléculas útiles, especialmente amoníaco. El amoníaco es tan soluble en el agua que, con mucho, la mayor porción del mismo debería hallarse en el océano antes que en la atmósfera. El metano y el hidrógeno son muy poco solubles en el agua, pero debería encontrárselos en abundancia en la superficie del océano, en contacto con el agua.

En realidad, la tierra "seca" es húmeda debido a la acción de las mareas, las lluvias, etc., de modo que no es inconcebible que las sustancias químicas que avanzaban hacia la vida puedan haberse formado en el suelo, aunque en cantidades mucho menores pero, como lo habré de explicar, no podrían haber llegado muy lejos.

La luz ultravioleta actúa como una especie de martillo. Por cierto, puede juntar de un golpe varias moléculas pequeñas y con ellas construir moléculas más grandes. Pero, ¿podemos entonces suponer que a medida que las moléculas van haciéndose cada vez más grandes bajo la influencia de la luz ultravioleta podrán llegar a ser tan grandes y tan complejas como para poseer los principios de la vida?

Lamentablemente, a medida que las moléculas van creciendo se van haciendo más destartaladas y el golpe de la luz ultravioleta puede llegar a separarlas nuevamente. O sea que la influencia de la luz ultravioleta puede iniciar la combinación de las moléculas primordiales en un camino que conduce hacia la vida, pero no les va a permitir que lleguen muy lejos en esa dirección.

Sobre la tierra no hay modo de escapar de la radiación ultravioleta, así que aunque se formaran moléculas complejas a partir de las primordiales simples, no es muy probable que lleguen a alcanzar niveles de complejidad comparables siquiera con la forma de vida más primitiva que se pueda imaginar. Por lo tanto, la vida no pudo comenzar sobre la tierra firme.

En el océano las cosas son distintas. Los compuestos que se forman en la superficie por la acción de la luz ultravioleta pueden hundirse, moviéndose al azar, hasta un nivel más bajo

donde la radiación ultravioleta no puede penetrar y allí pueden sobrevivir. Claro está que puede haber niveles donde la luz ultravioleta que penetra puede proveer energía suficiente para producir las combinaciones, pero insuficiente para las descomposiciones.

Es decir que parecería que en el océano primitivo uno se debería encontrar con moléculas cada vez más complicadas a medida que uno fuera sondeando cada vez más abajo a partir de la superficie. Los primeros casos de sustancias proto-vivientes pueden haberse formado algunos centímetros o decímetros por debajo de la superficie del agua.

Dichas formas de vida pueden haberse formado durante los primeros mil millones de años de existencia de la Tierra, y durante los eones que siguieron la situación puede haber sido algo así:

En la capa más alta del océano había moléculas medianamente complejas formadas por la energía de la radiación solar ultravioleta, que servían como alimento a las moléculas vivas todavía más complejas de abajo. Algunas de estas moléculas alimenticias podían desplazarse hacia abajo y ser consumidas. o lo que es más importante, en días nublados o. en especial de noche, las moléculas vivas podían moverse hacia arriba de alguna manera y alimentarse vorazmente hasta que el Sol saliera, para volver a hundirse entonces.

No sabemos hasta qué nivel de complejidad se pueden haber desarrollado las formas de vida en este período. Los únicos rastros de vida que podemos hallar, y que se remontan a mil millones de años o más, parecen provenir de minúsculas criaturas unicelulares y nada más. Esto quizá no sea sorprendente. No cuesta mucha energía transformar amoníaco, metano y agua en sustancias químicas alimenticias y, recíprocamente, no se libera mucha energía descomponiendo nuevamente dichas sustancias. La vida primordial no tenía mucha energía a su disposición, así que sólo podía vivir y evolucionar con lentitud.

Todo podría haber seguido así hasta nuestros días si la atmósfera A-I no hubiera sufrido cambios... pero los hubo.

Por una parte perdió su hidrógeno. Todo el hidrógeno que pudo haber tenido en su atmósfera la Tierra primitiva se escapó rápidamente al espacio exterior, puesto que la gravedad de la Tierra no podía retener sus moléculas pequeñas y veloces.

Además la luz ultravioleta del Sol, que esta presente en la alta atmósfera con toda su intensidad, puede partir en dos aun a las moléculas más simples. En particular, la molécula de agua puede descomponerse para formar hidrógeno y oxígeno bajo la acción de los rayos ultravioletas. Esto se denomina “fotólisis”.

Generalmente, la fotólisis de agua se produce en la alta atmósfera. A esas alturas se encuentran pocas moléculas de agua y el proceso es lento... pero la Tierra tiene una larga vida y dispone de tiempo suficiente.

El hidrógeno que se produce por fotólisis se pierde en el espacio pero los átomos de oxígeno, más pesados y menos ágiles, se quedan atrás. Pero, en presencia del oxígeno libre, el metano y el amoníaco dejan de ser estables desde el punto de vista termodinámico. Los átomos de carbono e hidrógeno que componen la molécula de metano tienden a combinarse con los átomos de oxígeno para formar anhídrido carbónico (CO_2) y agua, respectivamente. Los átomos de hidrógeno de las moléculas de amoníaco se combinan con el oxígeno para formar agua, dejando tras de sí a los átomos de nitrógeno, que se combinan para formar moléculas de nitrógeno diatómicas (N_2). El nitrógeno también se puede combinar con el oxígeno, pero lo hace de una manera tanto más lenta que los átomos de carbono e hidrógeno se llevan todo el oxígeno.

El resultado neto es que la atmósfera de metano/amoníaco/hidrógeno/vapor de agua (A-I) se convierte lentamente, mediante la fotólisis, en una atmósfera de anhídrido carbónico/nitrógeno/vapor de agua (A-II).

Hacer subir a las moléculas de A-II cuesta arriba, hasta el nivel de las moléculas alimenticias, requirió más energía que hacer lo mismo a partir de las moléculas de A-I. Por esa razón el ritmo de producción de alimentos disminuyó y, a medida que A-I se transformaba lentamente en A-II, se fue extendiendo sobre la faz del océano una especie de hambre.

El tipo de organismos que se habían desarrollado en A-I, que vivían de la descomposición de las moléculas alimenticias para formar amoníaco y metano, y que se las arreglaban con la pequeña cantidad de energía que resultaba de este proceso, debe haber ido disminuyendo gradualmente en vista del hambre que se iba extendiendo.[1]

Una vez que la A-I se hubo convertido por completo en A-II, puede parecer que la situación alimentaria de los organismos de A-I debió tocar fondo, pero no fue así. Las cosas se pusieron todavía peores debido a la fotólisis.

Aun después que la atmósfera se hubo convertido por completo en A-II, la fotólisis siguió produciéndose, las moléculas de agua siguieron descomponiéndose, los átomos de hidrógeno escapándose y los átomos de oxígeno quedándose atrás. Pero ahora los átomos de oxígeno no tenían nada con qué combinarse excepto entre ellos mismos (o con el nitrógeno, muy lentamente). Por lo común deberían formar la molécula diatómica de oxígeno pero, en la alta atmósfera, bajo ciertas condiciones la energía de la luz ultravioleta puede golpearlos con fuerza suficiente para que formen moléculas tri-atómicas de ozono.

Las moléculas de ozono son opacas para casi todo el rango de energías ultravioletas. A medida que se forman más ozono, la cantidad de radiación ultravioleta que logra penetrarlo se hace cada vez más pequeña. Así que la atmósfera A-II no sólo poseía moléculas que podían transformarse en alimentos con mayor dificultad, sino que permitía el paso de una cantidad cada vez menor de la luz ultravioleta que podía originar algún cambio.

Al disponer de una cantidad de radiación ultravioleta cada vez menor, el ritmo de la fotólisis (que se producía a alturas atmosféricas bien por debajo de las regiones donde se formaba el ozono) también debía disminuir. Esto quería decir que la atmósfera II debía estabilizarse y que los cambios posteriores debían hacerse cada vez menos probable, después de haber cesado la provisión de luz ultravioleta a la superficie del océano.

En el presente, el ozono está concentrado a una altura de veinticinco a sesenta y cinco kilómetros sobre la superficie de la Tierra (la "ozonósfera", pero incluso allí sólo una molécula entre cien mil es de ozono (en una atmósfera que a esas alturas es demasiado delgada).

Aun cuando las moléculas de ozono son demasiado raras, en comparación con las abundancias normales, son suficientes como para impedir el paso de casi toda la radiación ultravioleta y permitir que sea muy poca la que llegue hasta la superficie de la tierra. (Por cierto que la suficiente como para quemar a la gente de piel clara como yo, así que soy lo bastante inteligente como para mantenerme lejos de la luz solar.)

La vida sobre la Tierra tendría que haber descendido hasta un nivel muy bajo, en el cual se habría sostenido por medio de fuentes secundarias de energía como los rayos, la radiactividad y el calor volcánico, y habría continuado así indefinidamente, si no hubiera sido por un suceso inesperado.

De alguna manera (no conocemos los detalles) y en algún momento (no sabemos exactamente cuándo) se produjo el acontecimiento evolutivo más importante, después del comienzo mismo de la vida. Debe haberse desarrollado una molécula parecida a la clorofila junto con un sistema primitivo de enzimas, que era capaz de catalizar la combinación de

[1] *N. del A.: Por cierto que nunca desaparecieron por completo, pues todavía hoy hay organismos vivientes que se mantienen por medio de reacciones químicas distintas de las que emplea la mayor parte de las formas de vida. Muy probablemente sean descendientes, esencialmente no modificados. de las formas de vida típicas de la A-I.*

anhídrido carbónico y agua para formar moléculas alimenticias. Este fue el comienzo de la “fotosíntesis”.

El desarrollo de la fotosíntesis por los organismos que estaban adaptados a la A-II significaba lo siguiente:

1. Hasta entonces la luz ultravioleta era la fuerza que daba origen a la producción de alimentos, pero la fotosíntesis hacía uso de las longitudes de onda de la luz visible, menos energéticas. Como la luz visible es mucho más abundante en la radiación solar que la luz ultravioleta, se convertía en una fuente de provisión de alimentos potencialmente mucho más grande.

2. Como la fotosíntesis se produce en medio de las moléculas mismas de la forma de vida, el alimento se forma allí y ya no es necesario cazarlo en el océano, como generalmente ocurría. Esto debe haber significado que las células podían hacerse más grandes y complejas.

3. Ya que la luz visible *no es* bloqueada por el ozono, los organismos fotosintéticos de A-II ya no eran afectados por el cierre paulatino de la cortina de ozono y podían florecer mientras desaparecían los organismos de A-I.

4. Durante la conversión en sustancias alimenticias del metano, el amoniaco y el agua, la composición atómica general no sufre mayores cambios y se dejan muy pocos “restos”. Sin embargo, al emplear el agua y el anhídrido carbónico como fuentes de alimentos comenzamos con moléculas que contienen más átomos de oxígeno que las que hacen falta para alimentarse. Esos átomos de oxígeno deben ser descartados como “desperdicios” y se los arroja a la atmósfera.

O sea que la existencia de la fotosíntesis aumentó la rapidez con que se fue inundando la atmósfera de oxígeno libre. Por cierto que la fotosíntesis producía oxígeno libre a un ritmo muy, muy superior al de la fotólisis. La cortina de ozono comenzó a cerrarse con una rapidez enormemente mayor, de modo que las formas de vida de A-II aceleraron notablemente la defunción de las formas de vida de A-I, gracias a la nueva química que habían desarrollado. Sin moverse de su puesto y sin ninguna agresión flagrante, ganaron una victoria silenciosa en escala planetaria, victoria que casi nunca ha podido ser igualada desde entonces.

5. Las formas de vida fotosintéticas florecieron con tanto vigor que consumieron el anhídrido carbónico de la atmósfera, incorporando el carbono a sus propios tejidos y llenando el aire de oxígeno. De esta manera, mediante la acción de la vida, la A-II formada por nitrógeno/anhídrido carbónico, se convirtió en la A-III actual, formada por nitrógeno/oxígeno.

La concentración actual del anhídrido carbónico en la atmósfera es de sólo 0,035 por ciento, en comparación con un veintiuno por ciento de oxígeno. En verdad parecería que es útil para el mundo vegetal en general que existan como parásitos formas de vida que consuman oxígeno y produzcan anhídrido carbónico. Estas formas servirían para aumentar, por lo menos un poco, el anhídrido carbónico del aire. Así fue como las formas de vida de A-II se diferenciaron en vegetales y animales, mientras que es posible que las formas de vida de A-I nunca hubieran avanzado más allá de la etapa bacteriana.

6. Las formas de vida de A-II desarrollaron sistemas de enzimas que son capaces de manejar las moléculas muy activas del oxígeno. Las formas de vida de A-I aparentemente no lo hicieron. Para ellas el oxígeno libre era un activo veneno destructor de la vida y, también de esta manera, las formas de vida de A-II aceleraron su triunfo silencioso.

7. Ya que, según las pautas típicas de A-I, la cantidad de energía requerida para transformar anhídrido carbónico y agua en alimentos es enormemente elevada, la reconversión de alimentos en anhídrido carbónico y agua libera una cantidad de energía enormemente alta. Esto quiere decir que las formas de vida de A-II tenían a su disposición mucha más energía que las formas de vida de A-I. Esto era cierto en especial para los animales de A-II, que podían servirse para la provisión de alimentos de muchos vegetales a la vez.

¿Cuándo comenzaron a arrojar oxígeno a la atmósfera los organismos de A-II?

No podemos decirlo. La fotosíntesis debe haberse desarrollado en épocas muy remotas, pero debe haber sido muy ineficiente durante muchos millones de años y su producción de oxígeno debe haber sido muy, muy lenta. Durante mucho tiempo los organismos de A-II deben haber avanzado con mucha dificultad a la sombra de los organismos de A-I, que estaban mejor dotados.

¿Cuándo llegó a ser la fotosíntesis lo bastante eficiente, y la cantidad de oxígeno en la atmósfera lo bastante elevada para señalar la culminación de la victoria silenciosa de A-II?

Yo estimo que esto ocurrió hace cerca de 700 millones de años. Debe haber habido un momento en que la eficiencia fotosintética se elevó hasta tal punto que hubo una explosión de energía evolutiva y de repente, hace cerca de 600 millones de años, comenzaron a hacerse presentes las formas de vida complejas en cantidades suficientes como para empezar a dejar rastros fósiles abundantes. Por ese entonces comenzamos a tener organismos de A-III que, por su complejidad, se encuentran muy por encima de los organismos de A-I y de A-II.

¿Y cuándo se completó el reemplazo por los de A-III?

Yo creo que esto ocurrió hace 400 millones de años. Por aquel entonces, aunque la vida había existido durante más de tres mil millones de años, todavía no se había colonizado la tierra firme. En un artículo anterior[1] he sugerido que la tierra firme no fue colonizada hasta después que la Tierra hubo capturado a la Luna y quedó expuesta a los efectos de las mareas. Pudo haber sido así, pero debo admitir que ahora se me ocurre una explicación más probable de la demora en la colonización de la Tierra, una explicación que no he visto en ninguna otra parte.

Después de todo, mientras la luz ultravioleta bañaba la superficie de la Tierra, todo intento de emerger a tierra firme por parte de la vida significaba exponerse continuamente a la radiación ultravioleta sin contar con la esclusa de emergencia que podía representar el hundirse a mayor profundidad en el agua del océano. Recién después de que se cerró la cortina de ozono la tierra firme se convirtió en lugar seguro para la vida, y fue hace 400 millones de años que la vida comenzó a trepar hacia las playas.

Entonces, ¿qué sucede si le ocurre algo a esa capa de ozono tan terriblemente delgada y quizá tan frágil?

Los cambios que se hicieron posibles con el cierre de la cortina de ozono se invertirían. Una vez más la radiación ultravioleta del Sol inundaría la faz de la Tierra, de modo que la superficie firme del planeta junto con la cubierta más exterior del océano se volverían tan hostiles a la vida como lo habían sido hace más de 400 millones de años. Más aún, la fotólisis de las moléculas de agua comenzaría nuevamente.

Pero entonces, ¿tenemos que aterrorizarnos? Después de todo, aun en el caso en que comenzara nuevamente, la fotólisis tardaría miles de millones de años en agotar el océano. Y hoy la vida terrestre no es lo que era hace 400 millones de años. Los animales tienen piel, escamas, pelo, plumas, todos los cuales bloquean la radiación ultravioleta y evitan que se cause daño a los órganos internos.

Además, los animales avanzados pueden buscar protección en la sombra y el animal más avanzado, el *homo sapiens,* puede usar sombrillas, construir barreras de vidrio, irse a vivir más cerca de los polos, etc. Incluso la apertura completa de la cortina de ozono puede no ser suficiente para dañar seriamente las formas avanzadas de vida sobre la Tierra, y quizá lo único que haga será crear inconvenientes a la humanidad en general.

---

[1] *N. del A.: "Triunfo de la Luna". en The Tragedy of the Moon (Doubleday. 1973). (En castellano: La tragedia de la Luna. Alianza.)*

Aumentaría la incidencia de cáncer en la piel entre los humanos, especialmente entre los de piel clara si no tomamos precauciones, y podría acelerarse el ritmo de las mutaciones, especialmente entre los vegetales, con resultados impredecibles, pero, ¿qué más?

Bueno, no todas las formas de vida terrestre han avanzado más allá de lo que fueron en un principio. Todavía hay protozoarios, algas, bacterias y virus que no tienen protección especial contra la luz ultravioleta y que no cuentan con pautas de comportamiento que puedan ayudarlos a escapar de ella. Si la cortina de ozono se descose puede suceder que los microorganismos terrestres disminuyan seriamente... y no sabemos qué puede provocar eso en el resto de la estructura ecológica.

¿Cómo puede afectar la muerte de los microorganismos a la naturaleza del suelo, al crecimiento de los cultivos, a la vida de los animales, incluyendo al hombre?

No sabemos cómo, pero me parece que es difícil que nos pueda hacer ningún bien, y hasta es posible que represente un desastre inmenso.

Pero, ¿acaso existe algo que ponga en peligro una cortina de ozono que ha estado *cerrada* durante más de 400 millones de años? A ese respecto voy a tener algo que decir en el capítulo próximo. (*Cambio de aire).*

XII. CAMBIO DE AIRE

Parece que a veces llego a confundir a mis más íntimos allegados. Usted pensará que deberían conocer mis rarezas...

Mi esposa Janet y yo estábamos cruzando West Virginia en automóvil hace cerca de seis semanas y nos detuvimos en un hospedaje que estaba ubicado en lo alto de la ladera de una montaña, casi en el centro del estado.

Después de la cena salimos a pasear por el parque y logramos abrirnos paso hasta una saliente rocosa (bien cercada) que dominaba la quebrada por la que serpenteaba el río. Janet, que es una gran admiradora de los paisajes naturales, quedó atrapada por tanta belleza; mientras que yo, que tengo terror a las alturas y no me gusta mirar hacia abajo, y que prefiero apreciar estos paisajes en fotografías en colores, permanecí a su lado algo incómodo.

El cielo sin nubes todavía estaba claro, pero el crepúsculo se iba oscureciendo; el paisaje estaba completamente repleto de verde: abajo, el río era de plata; y bordeando una montaña avanzaba lentamente un largo tren de carga arrastrado por cuatro locomotoras. Marchaba a paso de tortuga por el espacio estrecho entre la montaña y el río, con un traqueteo laborioso tan distante que parecía el sonido jadeante de una anaconda gigantesca.

Después de un largo rato Janet dijo, en un susurro reverente:

-¿No es esto maravilloso?

-Ya lo creo -dije yo enseguida-. ¡Ciento sesenta y seis vagones!¡El tren de carga más largo que vi en mi vida!

Digamos que no hice caso a su amenaza de arrojarme por el borde del saliente. Sabía que, a pesar de todo, estaba demasiado encariñada conmigo como para intentarlo.

Como ustedes ven, el problema proviene de que algunas personas tienen un prejuicio en contra de contar, medir y pesar. Ellos sólo quieren ver las cosas cualitativamente. Pero a veces el medir con cuidado las cosas minúsculas puede convertirse en una cuestión de vida o muerte para usted, para mí y para todos nosotros, como lo habré de demostrar antes de que termine este artículo.

En los dos capítulos precedentes me he referido al ozono y he conversado sobre el desarrollo de la ozonósfera. Ahora nos trasladaremos a la química orgánica y después trataremos de enlazar el tema anterior.

Las moléculas características de la materia viviente están constituidas por cadenas y anillos de átomos de carbono. Casi todos los átomos de carbono están adheridos a otro u otros dos átomos de carbono, y además a uno o dos átomos de hidrógeno. A veces un átomo de carbono está unido a un átomo de oxígeno o a uno de nitrógeno, y muy de vez en cuando a un átomo de azufre.

En la naturaleza lo dicho casi agota las clases de átomos a los que se unen los átomos de carbono. En los comienzos de la química orgánica se creía que ningún otro tipo de átomo podría unirse a los átomos de carbono. En particular parecía que los átomos de cloro, elemento recién descubierto por entonces, al diferir radicalmente del hidrógeno por sus propiedades, no podían reemplazar a los átomos de hidrógeno en la cadena de carbonos.

Esta teoría fue demolida en la forma más directa posible. Se formó una molécula en la que existía la unión carbono-cloro. En 1834, un químico francés, Jean Baptiste André Dumas (que no tenía ningún parentesco con el novelista), formó el “cloroformo”. La molécula de cloroformo contiene un solo átomo de carbono unido a un átomo de hidrógeno y a tres de cloro ($CHCl_3$).

El cloroformo no fue un exótico producto de laboratorio por mucho tiempo. No mucho tiempo después nació el concepto de la anestesia química y un médico escocés, James Young Simpson, comenzó a emplear el cloroformo como anestésico en 1846. En 1853 lo usó durante un parto de la reina Victoria, y el cloroformo pasó a ser una palabra de uso doméstico. De hecho, tanta es la estupidez común del *homo asinus*[1] que la gente empezó a celebrar "fiestas de cloroformo". Se sentaban alrededor de vasijas con cloroformo e inhalaban las emanaciones hasta quedarse inconscientes. No puedo imaginarme qué conseguían con eso, aparte de arruinarse el hígado.

El peligro del cloroformo era tan grande, en realidad, que rápidamente fue desplazado por el éter dietílico como anestésico. A decir verdad, en nuestros días el cloroformo se emplea como anestésico principalmente en libros y películas del género más pobre.

Después del descubrimiento del cloroformo se crearon muchos otros "cloruros orgánicos". Incluso había moléculas en que los átomos de carbono estaban unidos *solamente* a átomos de cloro, y que podrían por tanto denominarse "clorocarburos", por analogía con los "hidrocarburos" que tienen moléculas compuestas solamente por átomos de carbono e hidrógeno.

El más simple de los clorocarburos es el "tetracloruro de carbono", cuya molécula consiste en un átomo de carbono unido a cuatro de cloro (CCl_4). Otro es el "tetracloroetileno", en cuya molécula los átomos de carbono, ligados entre sí por una unión doble, están conectados a cuatro átomos de cloro ($CCl_2{=}CCl_2$).

Tanto los hidrocarburos como los clorocarburos disuelven con facilidad las moléculas de la grasa y del sebo pero, mientras que las moléculas de los hidrocarburos son muy inflamables y representan un verdadero peligro de incendio, los clorocarburos *no* son inflamables. En verdad, el tetracloruro de carbono se puede usar en los extintores de incendios. Por esa razón los clorocarburos, en particular el tetracloroetileno, se emplean como tintoreros (limpiadores en seco)... aunque es preferible no respirar sus vapores que son muy venenosos.

En la época en que se produjo el cloroformo se descubrieron dos elementos que se parecían al cloro por sus propiedades químicas. Estos eran el bromo y el yodo, los cuales, con el cloro, se agrupan bajo el nombre de "halógenos" (de las palabras griegas que significan "formadores de sal"). Cuando se combinan con el sodio, cada uno de éstos forma compuestos parecidos a la sal. Por cierto que el cloro con el sodio forma el cloruro de sodio, que es la "sal de mesa" que empleamos en nuestras comidas.

Resultó que el átomo de carbono se podía combinar con cualquiera de los halógenos. Son compuestos análogos al cloroformo el bromoformo ($CHBr_3$) y el yodoformo (CHI_3).

Como el yodoformo tenía algunas propiedades desinfectantes y no dañaba demasiado los tejidos, empezó a usárselo para curar heridas, así que por un tiempo los médicos y los hospitales olieron a yodoformo. Aún hoy lo hacen en ciertos libros escritos por autores que copian sus frases gastadas de otros libros.

También tienen ustedes el tetrabromuro de carbono (CBr_4) y el tetrayoduro de carbono (CI_4), que son ejemplos de "bromocarburos" y de "yodocarburos", respectivamente.

Hay un límite para el número de átomos de un halógeno con que uno puede envolver las cadenas y anillos de carbonos. Los átomos de hidrógeno son los más pequeños que existen, de modo que se pueden adherir a cualquier átomo de carbono en cualquier lugar disponible, no importa en qué parte de una cadena o anillo se encuentre ubicado dicho átomo. Siempre habrá espacio suficiente.

Pero los átomos del cloro son bastante más grandes que los del hidrógeno, los átomos del bromo son todavía más grandes y los del yodo son más grandes aún. Si muchos de éstos se unen a muchos átomos de carbono en una sola molécula, se molestan entre sí. Por lo tanto es

[1] *N. del T: En latín, asinus: asno.*

difícil lograr clorocarburos muy grandes, y es casi imposible producir bromocarburos o yodocarburos grandes.

Pero hay un cuarto halógeno. Durante las décadas que siguieron al descubrimiento de los tres primeros, los químicos estuvieron seguros de que había un cuarto halógeno más liviano que los otros, que no podían aislar porque sus átomos se adherían con mucha fuerza a los otros átomos. Al nuevo halógeno lo bautizaron "flúor" aun antes de aislarlo, y usted encontrará la historia de cómo lo aislaron en mi ensayo "Bienvenido, forastero".[1]

Todos estaban seguros de que una vez que se hubiera aislado al flúor y se hubiesen estudiado sus propiedades químicas, se encontraría que dicho elemento se une a los átomos del carbono para formar "fluoruros orgánicos". También existía la certeza de que en algunos casos los átomos de carbono se unirían *solamente* a los del flúor para formar "fluorocarburos".

El químico francés Ferdinand Frédéric Henri Moissan, que fue quien finalmente aisló el flúor en 1886, hizo la prueba de inmediato. Encontró que el flúor y los hidrocarburos mezclados realmente podían producir fluorocarburos cuando los átomos del flúor reemplazaban a los átomos del hidrógeno en la cadena de carbonos... pero no pudo decirlo porque la mezcla explotó al instante con consecuencias desastrosas y no hubo manera de analizar los restos del equipo en busca de fluorocarburos.

Cuando decidió cambiar por carbono puro en lugar de los hidrocarburos (el carbono reacciona mucho más lentamente que los hidrocarburos) no logró ningún progreso. El flúor reaccionaba con el polvo de carbón de manera explosiva.

En 1905 Moissan tuvo otra idea. Decidió mezclar flúor y metano (CH_4), pero a una temperatura muy baja, a una temperatura a la cual el aire es líquido. A -185 ºC, cuando el metano se ha congelado para formar un sólido y el flúor es un líquido que está cerca de su punto de congelación, mezcló los dos y se produjo una explosión más desastrosa todavía.

Recién cuando hubieron pasado cuarenta años desde la separación del flúor se logró progresar en la producción de fluoruros orgánicos. En 1926 dos químicos franceses, P. Lebeau y A. Damiens,[2] lograron quemar carbono en flúor con la suavidad suficiente para permitir el estudio de los productos de la reacción. Descubrieron que se había formado tetrafluoruro de carbono (CF_4). Era el primer fluoruro y fluorocarburo orgánico que se obtenía en estado puro.

A comienzos de la década de 1930 se obtuvieron dos fluorocarburos dobles puros. Ellos fueron el hexafluoroetano (CF_3CF_3) y el tetrafluoroetileno ($CF_2 = CF_2$).

Pero el estudio de los fluorocarburos no iba a avanzar mucho hasta tanto no se descubriera alguna forma de apaciguar al flúor. Las bajas temperaturas no eran suficientes, pero tal vez se pudiera agregar alguna sustancia a la mezcla donde se producía la reacción, alguna sustancia que actuara como catalizador o intermediario de la reacción, haciendo que ésta se desarrollara con mayor tranquilidad.

Por ejemplo, en 1930 el químico alemán Karl Hermann Heinrich Philipp Fredenhagen descubrió que si el flúor penetraba en el hidrocarburo con el que tenía que reaccionar, haciéndolo a través de una malla de cobre, la reacción era más moderada.

Luego, en 1937 el químico estadounidense Joseph H. Simons encontró que si se mezclaba carbón pulverizado con una cantidad pequeña de un compuesto del mercurio, el carbón ardía en el flúor con mayor tranquilidad y producía una variedad de fluorocarburos durante el proceso. Simons logró producir y estudiar fluorocarburos cuyas moléculas contienen hasta siete átomos de carbono.

---

[1] N. del A.: En *Of Time and Space and Other Things* (Doubleday, 1965).

[2] N. del A.: Me gusta dar los nombres completos de los científicos. aunque tengan tres segundos nombres, ya que rara vez se les da la difusión que en nuestra sociedad se brinda habitualmente a los jugadores de baloncesto y a los cantantes folklóricos. El inconveniente reside en que no siempre puedo encontrar el nombre completo. Si alguno de mis Amables Lectores reconoce alguna vez a un amigo por sus iniciales, le ruego que me lo haga saber.

Esta fue la primera indicación verdadera de que los fluorocarburos podían formarse mucho más fácilmente que ninguno de los otros halocarburos, y que podían tener cadenas de carbonos largas. Pero esto no era sorprendente. El átomo de flúor es más pequeño que los de los demás halógenos y cuando está unido a un átomo de carbono ocupa menos espacio que ningún otro, excepto el átomo de hidrógeno. En realidad hay espacio suficiente para que un átomo de flúor se enganche con cualquier átomo de carbono, cualquiera sea su posición en una cadena o anillo, y los átomos de flúor adyacentes son lo bastante pequeños como para no interferir entre sí. De modo que se puede formar un fluorocarburo que sea análogo a cualquier hidrocarburo dado.

Simons quedó especialmente impresionado por la estabilidad de los fluorocarburos y por su falta de actividad química. Para empezar, el átomo de flúor se aferra a un átomo de carbono con mayor fuerza que ningún átomo de hidrógeno. Además, a medida que se agregan otros átomos de flúor a la cadena de carbonos, parecen reforzarse entre sí y sus uniones se vuelven todavía más firmes. Cuando todos los átomos de hidrógeno han sido reemplazados, las uniones que mantienen ligados a los átomos de carbono y de flúor son tan fuertes que casi nada puede conmoverlas. Los fluorocarburos no arden, ni se disuelven en el agua, ni reaccionan con casi nada.

Entretanto, a fines de la década de 1930 el químico estadounidense Harold Clayton Urey trabajaba con el uranio e intentaba separar, o por lo menos concentrar, el uranio 235 (usted sabe bien para qué). Si lograba descubrir algún compuesto gaseoso del uranio, las moléculas que contuvieran U-235 se habrían de mover un poco más rápido que las que contuvieran el U-238 más pesado, y de esa manera él se las podría arreglar para separarlas.

El único compuesto del uranio que se podía volver gaseoso a temperatura razonables era el “hexafluoruro de uranio” (UF_6), pero este compuesto tenía una tendencia a reaccionar con las sustancias que se usaban para sellar y lubricar las conexiones del sistema donde se debía lograr la separación.

Joseph Simons había oído hablar de esto y se le ocurrió que un fluorocarburo líquido sería lo bastante estable como para no ser atacado por el hexafluoruro de uranio y, en consecuencia, podía empleárselo como lubricante. Tendría tal vez unas cuarenta o cincuenta gotas de lo que creyó que podía ser una sustancia apropiada, y en 1940 le envió casi todo a Urey. La cosa funcionó bien y de allí en adelante se la conoció de manera elíptica como “la pócima de Joe”.

Desde entonces tomó gran impulso la formación de fluorocarburos. Se emplearon sistemas muy elaborados de todo tipo, incluyendo el uso de catalizadores a bajas temperaturas, el empleo de fluoruros de metales como fuente de flúor en sustitución del flúor mismo, el uso de haluros orgánicos en lugar de hidrocarburos en las reacciones con el flúor, el uso de fluoruro de hidrógeno y una corriente eléctrica, etcétera.

Lo que importa es que al terminar la guerra los fluorocarburos eran comunes y corrientes. En efecto, uno podía formar largas cadenas de carbonos con átomos de flúor unidos en cada punto: “resinas de fluorocarburos”. Para hacer esto, se empezaba con tetrafluoroetileno (CF_2=CF_2), que tiene una unión doble en el medio. Una de dichas uniones puede romperse y por medio de esa unión se pueden enganchar las moléculas vecinas y así formar una cadena larga. Dupont bautizó con el nombre de “teflón” a una sustancia que tiene una molécula de cadena larga de este tipo, que nos es familiar como revestimiento para las sartenes. Es lo bastante estable como para que no la afecte el calor al freír y lo bastante inerte como para que no se pegue ninguna comida, de modo que es fácil de limpiar.

En Dupont se formaron compuestos constituidos por moléculas en las cuales los átomos de carbono estaban unidos nada más que a átomos de cloro y de flúor (“fluoroclorocarburos”). En forma bastante inesperada se descubrió que la presencia de los átomos de flúor servía para fortalecer la unión cloro-carbono, de modo que estos haluros orgánicos mixtos eran estables e inertes como los mismos fluorocarburos... y más baratos, puesto que no había que usar tanto flúor. Dupont bautizó a una sustancia de esta nueva clase con el nombre de “freón”.

El freón revolucionó la técnica de la refrigeración.

El uso de hielo para enfriar los artículos perecederos había sido reemplazado por los refrigeradores eléctricos o de gas, que hacían uso de un gas que se licua fácilmente o de un líquido que se evapora fácilmente.

En ambos casos el líquido es bombeado a través de caños en un recipiente cerrado -el refrigerador- y se lo deja evaporar. El proceso de evaporación requiere una cantidad de calor, cantidad que el líquido absorbe de las sustancias que se encuentran dentro del refrigerador. Por lo tanto, estas sustancias de enfrían. Después el gas emerge del recipiente y se condensa nuevamente para formar un líquido, entregando el calor que había absorbido al evaporarse. El calor es extraído por alguna clase de refrigerante (aire o agua) y el líquido enfriado vuelve a pasar por el refrigerador para evaporarse nuevamente. De manera que continuamente se bombea calor del refrigerador al aire libre.

Antes de la Segunda Guerra Mundial el líquido más común que se empleaba para la refrigeración era el amoníaco. En menor escala se empleaba el óxido sulfuroso o algún cloruro orgánico simple. Estos funcionaban muy bien como refrigerantes, pero tendían a corroer los caños, y se producían pérdidas que se volvían peligrosas por sus olores asfixiantes y por ser venenosos. En consecuencia, había un límite que impedía la completa adaptación de la refrigeración para uso doméstico.

Pero entonces vinieron los distintos freones. Algunos de ellos eran líquidos que se evaporaban con facilidad, y otros eran gases que se licuaban con facilidad. Todos eran inertes y no podían reaccionar con nada que entrara en contacto con ellos. Si por alguna razón se producía una pérdida y el freón se escapaba al aire, no había ni olor ni daño. El freón podía ser inhalado sin que el cuerpo sufriera ninguna clase de daño. En efecto, uno de los primeros que trabajaron con el freón, Thomas Midgley Jr., demostró cuán inofensivo era aspirándolo hasta llenarse los pulmones y dejándolo fluir lentamente sobre una vela encendida. La vela se apagó, pero Midgley no sufrió ningún daño. (Por supuesto que si Midgley hubiera seguido aspirando freón puro se habría asfixiado por falta de oxígeno... pero no como consecuencia de ningún daño directo causado por el freón.)

Las variedades más comunes del freón empleadas para la refrigeración son el freón-11 (CCl_3F) y el freón-12 (CCl_2F_2), en especial este último. Es la conveniencia y la seguridad de los freones la que ha originado el uso casi universal del aire acondicionado hoy día.

También está la cuestión de las latas de aerosol (“spray”). Es muy conveniente poder aplicar ciertas sustancias en forma de rocío. Una forma de hacerlo consiste en hacer que un líquido atraviese por la fuerza un orificio pequeño. El líquido se divide en partículas muy pequeñas suspendidas en el aire en forma de rocío, y esto se denomina “aerosol”.

El trabajo necesario podrían hacerlo los músculos, pero eso sería cansado. Puede hacérselo por la presión de un gas, por ejemplo poniendo un poco de anhídrido carbónico sólido o líquido bajo presión, y haciendo que se evapore y produzca una presión de gas dentro de la lata. Esa presión empujará hacia afuera a los líquidos (o a sólidos pastosos) en forma de rocío o espuma. Pero entonces usted tiene que tener una lata de acero resistente para conservar la presión hasta que desee usarla.

En la década del 50 se le ocurrió a la gente de Dupont que se podía emplear para ese fin una mezcla de freón-11 y freón-12. La mezcla líquida podía desarrollar una presión suficiente como para producir el rocío, pero la presión total que alcanzaba era mucho menor. Se la podía contener con seguridad en una lata de aluminio delgada y liviana. Por supuesto que el freón salía junto con el rocío, pero era menos peligroso aún que el anhídrido carbónico.

Lo que hizo todo esto especialmente útil fue el hecho de que por esta época Robert H. Abplanalp inventó una válvula muy sencilla de plástico y metal que se podía fabricar a bajo

precio y que podía formar parte de la lata de aerosol. El contacto de un dedo dejaba salir el rocío, y al retirar el dedo el rocío cesaba.

De inmediato la lata de aerosol se puso de moda y Abplanalp se enriqueció lo bastante como para llenar los requisitos necesarios, y convertirse en gran amigo de Richard Nixon. En 1954 se produjeron en los Estados Unidos 188 millones de latas de aerosol. Veinte años después la producción anual había sobrepasado la marca de los tres mil millones, lo que representa un aumento de dieciséis veces.

Pero, ¿qué pasa con todo el freón que se produce y se usa en los refrigeradores acondicionadores de aire y latas de aerosol? En el caso de las latas de aerosol, obviamente se lo descarga al aire. Con el tiempo, también el freón de los refrigeradores y acondicionadores de aire se descarga al aire, ya que tarde o temprano estos aparatos deben perder o romperse. Hasta la última pizca de freón que se ha producido, y se lo ha producido por millones de toneladas, terminará por ser descargada al aire.

Esto por sí mismo no es tan aterrador. El aire es la cloaca común de una cantidad increíble de sustancias. Los volcanes arrojan al aire kilómetros cúbicos de sustancias. Los incendios de bosques son casi igualmente dañinos. Incluso algo tan poco encantador como los gases de los animales herbívoros representa la descarga al aire de una cantidad de metano suficiente como para ser detectable.

Pero todas estas sustancias producidas en forma natural no permanecen en el aire. Las partículas de polvo se depositan; los gases son arrastrados por la lluvia y reaccionan con el suelo. En conjunto, todo lo que entra al aire sale del aire, y esto vale en general aun para los productos artificiales. A veces la actividad humana arroja sustancias al aire en menos tiempo que el necesario para eliminarlas, de modo que el contenido de anhídrido carbónico y de polvo en el aire es más elevado que el que habría si la humanidad llevara una vida primitiva. Sin embargo, si alguna vez la humanidad se decidiera a llevar una vida primitiva, esas impurezas en el aire disminuirían con bastante rapidez. A corto plazo no existe ningún proceso natural que transforme el aire en forma permanente. Ni tampoco existe ninguna actividad del hombre que lo haga.

...Excepto una.

El freón modifica el aire. Entra pero no sale. No se deposita; no se elimina; no reacciona. Simplemente permanece en el aire y allí se ha estado acumulando durante un cuarto de siglo. En este sentido la humanidad ha producido un cambio permanente y perceptible en la composición química del aire, y continúa intensificando este cambio de aire.

¿Es esto malo? No, no si solamente consideramos la baja atmósfera. El freón no nos hace ningún daño en absoluto y aunque se lo ha descargado a la atmósfera por millones de toneladas, la atmósfera es tan voluminosa que la concentración de freón todavía es minúscula, y seguirá siéndolo por mucho tiempo.

Aun si la concentración de freón en el aire se hace apreciable y si, a pesar de ello, todavía insistimos en seguir arrojando al aire esta sustancia, hay un límite natural. Con el tiempo habrá suficiente freón en el aire como para que la atmósfera se convierta en una fuente práctica de gas. Entonces podremos sacar el gas de la atmósfera y devolvérselo después de usarlo, y habrá un nivel estacionario que probablemente será inofensivo para nosotros. (Sacar el gas de la atmósfera y devolverlo costará energía, por supuesto, pero ¿y qué? Todo cuesta energía.)

Hasta aquí lo dicho suena bien, pero en 1973 E. Sherwood Rowland, un químico de la Universidad de California, comenzó a considerar el problema.

Después de todo, hay una manera de descomponer las moléculas de freón. La luz ordinaria no afecta al freón, pero la luz ultravioleta, que tiene más energía que la luz común, tiene energía suficiente como para desprender los átomos de cloro de la molécula de freón.

Incluso esto no sería grave por acá abajo. En primer lugar, gracias a la capa de ozono que se encuentra veinticinco kilómetros o más por encima de nosotros, no es mucha la luz ultravioleta que alcanza la baja atmósfera. Además, aun cuando se produzcan minúsculas cantidades de cloro, ¡qué importa! Se disolverán en agua o reaccionarán con otras sustancias y nunca llegarán a acumularse en cantidad tal como para perjudicarnos en lo más mínimo.

Pero, ¿qué sucede si las moléculas de freón se difunden gradualmente hacia arriba, hasta la ozonósfera y más allá de ésta? A esas alturas hay una gran cantidad de luz ultravioleta de gran energía proveniente del Sol y que no ha sido filtrada, y quizá cada molécula de freón que haya llegado hasta allí se descomponga y produzca átomos de cloro.

Usted todavía puede decir: ¡y qué! Muy pocas moléculas podrán alcanzar esa altura, y las minúsculas cantidades de cloro simplemente reaccionarán con algo y serán consumidas.

Pero, ¡allí está el problema! Los átomos de cloro seguramente reaccionarán y, entre otras cosas, lo harán con las moléculas de ozono de la ozonósfera. El átomo de cloro se combinará con uno de los tres átomos de oxígeno de la molécula de ozono, formando óxido de cloro (ClO) y dejando atrás a los dos átomos de oxígeno de la molécula de oxígeno ordinaria.

¿Eso nos tiene que preocupar? Hay una cantidad enorme de ozono allá arriba. El ozono se descompone y se vuelve a combinar constantemente, y las pocas descomposiciones adicionales debidas a uno que otro átomo de cloro deberían ser una cuestión sin importancia.

Pero no es así. El óxido de cloro que se forma terminará por combinarse con un átomo de oxígeno libre que se forma por la descomposición natural de ozono. El óxido de cloro entregará su oxígeno al átomo de oxígeno, y así se formarán moléculas de oxígeno común. El proceso deja atrás a un átomo de cloro libre que puede luego atacar a otra molécula de ozono.

Cada átomo de cloro, al combinarse con un átomo de oxígeno y separarse del mismo nuevamente, puede reaccionar con el ozono una y otra, y otra vez. Cada átomo de cloro puede descomponer no ya a una molécula de ozono sino quizás a cientos de ellas antes de que suceda algo que rompa la cadena.

Parecería entonces que la cantidad de freón que es arrastrada hasta la ozonósfera puede dañarla en un grado que no guarda proporción con lo que podría esperarse conociendo solamente la cantidad de freón. Además hay aquí un efecto de acción retardada, pues aunque la humanidad dejara de usar el freón por completo en este mismo instante, la cantidad que ya se ha descargado a la atmósfera, más la cantidad que se encuentra ahora en todos los aparatos que usan freón y que con el tiempo serán descargados, continuará difundiéndose hacia arriba, en los años por venir, para alcanzar un máximo en la alta atmósfera quizá dentro de diez años.

Pero, ¿cuánto será el daño causado? ¿Será bastante como para empobrecer seriamente a la ozonósfera y bañar a la Tierra, por primera vez en cientos de millones de años, con concentraciones enormemente elevadas de luz ultravioleta, produciendo así el daño posible que mencioné al final del último capítulo?

Todavía no estamos seguros. No sabemos con qué ritmo llegan a la ozonósfera las moléculas de freón. ni conocemos la naturaleza exacta de las reacciones que se producen allí. No conocemos los detalles de los procesos naturales que descomponen y recomponen al ozono.

Los primeros trabajos dieron una impresión muy sombría de las cosas, pero desde entonces se ha dado un paso atrás en algunas de las estimaciones más alarmantes, y en el momento de escribir estas líneas[1] parece estar disminuyendo en forma notable el pánico creado por la posible desaparición de la ozonósfera.

Sin embargo, la ignorancia no es un sustituto para la seguridad. El freón puede no causarnos daño, pero puede hacerlo, y es mejor que encontremos manera de saber qué pasa.

[1] N. del T.: Febrero de 1976.

Es mejor que dediquemos todos los esfuerzos para elaborar métodos que permitan medir la densidad de la ozonósfera, y deberíamos mantener a ésta bajo un control constante. Esa clase de medición delicada y constante (como ya indiqué al final de mi introducción a este artículo) puede ser una cuestión de vida o muerte.

Y, por las dudas, creo que deberíamos moderar el uso del freón. Una pequeña incomodidad hasta que estemos seguros de que no se está causando ningún daño es, sin duda, mejor que una interrupción violenta en su empleo dentro de diez años... cuando puede ser demasiado tarde.

XIII. LA BRUJA MALVADA HA MUERTO

¡Cielos!, me he convertido en una palabra de uso doméstico. Supongo que eso es inevitable si uno vive lo suficiente y escribe muy prolíficamente sobre una gran variedad de temas en una gran variedad de medios de difusión... Pero no estoy seguro de sentirme cómodo por ello.

Por ejemplo, me citan constantemente. En un programa televisivo reciente de tres horas de duración dedicado al rol de la mujer, Barbara Walters citó "al famoso escritor de ciencias Isaac Asimov" y, como de costumbre, me lo perdí. La noticia me la trajeron otros y nadie recordaba qué había citado. Me pregunto ¿qué pude haber dicho?

Después, hace una semana, salía corriendo de un estudio de TV para tomar un taxi que me llevara a un lugar convenido y el conductor fue lo bastante curioso para preguntarme qué había estado haciendo allí. Le expliqué que yo era un escritor y que recién me habían hecho una entrevista, y el conductor admitió que él mismo intentaba ser un escritor pero que hasta el momento no había tenido suerte.

-Bueno -dije, tratando de consolarlo-, no se sienta mal por eso. De todos modos el escribir es un juego de tontos. Casi ningún escritor puede ganarse la vida con lo que escribe.

-Isaac Asimov lo hace -dijo el conductor después de meditarlo un poco... y me dejó mudo.

Pero mi historia favorita sobre esto tuvo lugar hace cerca de un año, una noche en que Janet y yo habíamos ido al teatro. Regresamos a casa cerca de las 11.40 de la noche y encendí la radio para poder escuchar el informativo de medianoche de la WQXR y así poder enterarme si había alguna novedad sobre Watergate (yo era un fanático insaciable de Watergate).

Surgió una voz de la radio y, mientras la escuchaba distraídamente, empecé a notar que las frases me eran familiares. Un tanto molesto grité:

-¡Eh, Janet, aquí hay un bromista que está recitando mis ideas palabra por palabra!

Janet vino, escuchó durante un momento y dijo, pacientemente:

-Eres *tú* mismo, querido.

Y así era. Me habían entrevistado y grabado un mes atrás y, sin darme cuenta, había llegado justo a tiempo para escucharme. Lo que sucede es que es muy difícil reconocer la propia voz de uno cuando no está resonando en las cavidades de nuestro propio cráneo.

Sucede también que esto va a empeorar, ya que tengo toda la intención de continuar expresando mis puntos de vista sobre todo tema que sea concebible... cuanto más polémico, mejor.

Como la cuestión de las brujas, por ejemplo.

Aparentemente la brujería implica el uso de métodos sobrenaturales para controlar las energías del universo y emplearlas, supuestamente, para algún fin maligno o destructivo.

Aquellos que admitían la existencia de la brujería no tenían duda alguna de que existían poderes sobrenaturales que podían ser controlados por los seres humanos si se usaban los métodos apropiados. En verdad, ¿en qué otra cosa consiste la opinión *popular* de la "religión verdadera" dentro de la tradición occidental sino en un intento de usar métodos sobrenaturales para controlar las energías del Universo y emplearlas, supuestamente, para algún fin bueno o constructivo?

El intento de controlar los poderes sobrenaturales se conoce con el nombre de "magia" (aunque la palabra ha perdido su fuerza en estos días para significar nada más que prestidigitación o ilusionismo). La palabra proviene de *magu*, que era el nombre que daban los

antiguos persas a sus sacerdotes zoroástricos; y por cierto que es mágica la función sacerdotal.[1]

Nosotros no usamos esta palabra para referirnos a nuestra propia religión pero, en realidad, el uso de las oraciones, ¿no representa un ejemplo de magia? Mediante el uso de palabras apropiadas y de música, a veces; mediante el empleo de idiomas extraños y sonoros, de incienso y de otros aditamentos impresionantes, tenemos la esperanza de persuadir, halagar o irritar a un cierto poder sobrenatural para que suspenda las leyes naturales del Universo durante un tiempo suficiente como para poder arreglar las cosas y así satisfacer nuestras necesidades personales inmediatas... por ejemplo para hacer llover, aun cuando el plan sobrenatural puede prever una larga sequía.

Pues bien, si la religión emplea lo sobrenatural para buenos propósitos y la brujería lo emplea para propósitos malignos, mucho de ello depende de cómo definamos el bien y el mal.

No es sorprendente que, en general, la decisión final vaya a parar a esto: que lo que *nosotros* hacemos es bueno, y lo que ellos hacen es malo.

La Biblia castiga el ejercicio de la magia por predecir el futuro o, para usar una frase equivalente, por adivinar la voluntad de Dios. El Urim y el Tumim, por ejemplo, parecen haber sido suertes que el Sumo Sacerdote guardaba en sus vestimentas y que podía arrojar, siguiendo un rito adecuado, para así obtener algún signo que pudiera interpretarse como indicación directa de la voluntad divina.

Los intentos de usar aparatos similares mediante métodos o ritos que no hayan sido consagrados por la religión dominante (cualquiera que sea), por supuesto que son francamente condenados como tratos con los demonios, a quienes conocemos comúnmente en nuestro idioma como “demonios familiares”[2]... La palabra “familiar” se refiere a un espíritu puesto al servicio de un solo individuo y que por lo tanto forma parte de la familia, por así decirlo.

Aquellos que posean dicho espíritu familiar son “brujos” o “hechiceros”. En idioma anglosajón un brujo *(“wizard” = “wise man”)* es un “hombre sabio” y un hechicero *(“warlock”)* es un “embaucador” así que yo sospecho que originalmente las dos palabras se empleaban en lugar de “nuestros” sacerdotes y “sus” sacerdotes, respectivamente. La designación de “adivino” *(“sorcerer”)* proviene de una palabra (“*sors*”) que en latín quiere decir “suerte” y se refiere por lo tanto a alguien que indaga el futuro empleando “suertes” del tipo del Urim y el Tumim.

Una mujer que practica esas artes es una “adivina” o una “bruja”. La palabra inglesa “*witch”* (bruja) proviene del anglosajón *wicca*, que puede estar relacionada con “víctima”, de modo que una bruja era alguien que presidía las ceremonias de sacrificio...“sus” malvados sacrificios, por supuesto, no los “nuestros” que son buenos. Una mujer que presida los sacrificios siguiendo “nuestros” ritos es una “sacerdotisa”, por supuesto.

Cuando en un país se implanta un gobierno fuerte, y el gobernando es devoto de un cierto ritual, entonces el rito oficial se convierte en “religión” y todos los otros ritos pasan a ser “brujería” y deben ser suprimidos. Este fue el caso de Israel, por ejemplo, cuando Saúl fue coronado rey: “Y Saúl había arrojado de la tierra a los encantadores y adivinos” (1 Samuel 28:3).[3]

Pero cuando Saúl se enfrentó con una crisis y se volvió hacia Dios en busca de guía, fracasó: “Y consultó Saúl a Jehová; pero Jehová no le respondió ni por sueños, ni por Urim, ni por profetas” (1 Samuel 28:6).

---

[1] N. del T: El autor hace un juego de palabra, pues en inglés “magic” significa también *encantador*.

[2] N. del T.: El autor se refiere a un mito popular entre los pueblos anglosajones, y también en ciertas zonas de Sudamérica, referido al “*familiar spirit”*, un espíritu que supuestamente acompaña, escucha, sirve y obedece a alguien.

[3] N. del T: En lugar de encantadores, la cita de Asimov se refiere a “los que tenían demonios familiares”.

Saúl, forzado por la gravedad de la crisis, tuvo que recurrir a otros métodos: "Entonces Saúl dijo a sus criados: buscadme una mujer que tenga espíritu de adivinación, para que yo vaya a ella y por medio de ella pregunte. Y sus criados le respondieron: he aquí una mujer en Endor que tiene espíritu de adivinación" (1 Samuel 28:7).

En la Biblia esta mujer no recibe el nombre específico de bruja, pero hoy se la conoce comúnmente como "la bruja de Endor". Es por esta razón que en el programa de televisión *Embrujada (Bewitched*), Agnes Morehead hacía el papel de una bruja que se llamaba "Endora".

La bruja de Endor se las arregló para convocar al espíritu de Samuel, un profeta fallecido que, interrogado por Saúl, predijo el desastre.

Por si no lo ha notado, esta historia es la justificación bíblica de la existencia real de las brujas, de la efectividad de la magia y de los demonios familiares, de la facultad de despertar a los muertos y de predecir el futuro.

Si interpretamos a la Biblia en forma literal no podemos pensar que la brujería es un engaño. No, es una religión que compite con las otras, que hace uso de poderosas fuerzas sobrenaturales y que, por ser competitiva, es mala por definición.

Toda religión que asegura poseer la "verdad" encuentra muy difícil tolerar la existencia de otra religión, y en la Biblia no se propone aplicar semejante tolerancia.

En el Levítico 20:27 aparece lo siguiente: "Y el hombre o la mujer que evocare espíritus de muertos o se entregare a la adivinación, ha de morir; serán apedreados: su sangre será sobre ellos."

Y en el Éxodo 22: 18 aparece ésta, más breve: "A la hechicera no dejarás que viva."

Estos versículos pueden ser los primeros ejemplos de intolerancia religiosa en el mundo que han sido expresados con claridad. Ellos, y el espíritu con que fueron escritos, han sido empleados para justificar el derramamiento de ríos de sangre y la ejecución de innumerables horrores.

Por supuesto que la actitud de intolerancia hacia las religiones rivales continúa en el Nuevo Testamento, donde los Evangelios abundan en historias de posesión demoníaca. Hay incluso referencias a exorcistas que son capaces de controlar a los espíritus malignos mediante ritos mágicos (véase Hechos 19: versículos 13 al 16).

En Europa, durante la Edad Media quedaban restos de las religiones precristianas, antiguas creencias de campesinos que se remontaban a los días del paganismo. El antiguo paganismo no había desaparecido sino que había pasado a la clandestinidad, si bien más o menos adulterado y modificado. Todavía había ritos que se practicaban en secreto, referidos a un dios chivo con cuernos, y había actos destinados a mejorar la fertilidad de una manera que era habitual en la magia agrícola primitiva.

Naturalmente estas prácticas fueron estigmatizadas como formas de brujería, pero la Iglesia, segura de su poder y preocupada por otras manifestaciones más peligrosas de rivalidad (los musulmanes afuera y diversas herejías cristianas adentro) hizo muy poco durante siglos para combatir estas creencias, y se limitó a denunciarlas verbalmente.

La cuestión cambió con el crecimiento de la lucha dentro de la Iglesia que culminó con el cisma protestante que comenzó en 1517. Fue creciendo cada vez más el sentimiento de rivalidad y de profundad inseguridad en ambas partes. La intolerancia religiosa se avivó y fortaleció hasta tal punto que durante un siglo los católicos y los protestantes lucharon continuamente entre sí, recurriendo a las batallas cuando los dos lados tenían más o menos la misma fuerza, o al degüello cuando una parte o la otra era abrumadoramente más poderosa.

El ejercicio constante de la intolerancia exaltó en los creyentes por una parte el sentimiento de la propia virtud y por la otra la convicción de la maldad infinita de los que negaban la "religión verdadera". Así fue que tanto los católicos como los protestantes se

entretuvieron, en los intervalos en que no estaban demasiado ocupados matándose entre sí, en cazar a todos los que fueran acusados de hacer tratos con el diablo (frecuentemente la acusación era suficiente). La manía prosiguió desde 1500 hasta 1750, y tuvimos un eco débil en Salem, Massachusetts, en 1692.

Y, ¿qué fue lo que puso fin a esto? Pues fue lo mismo que terminó con toda la magia, ya fueran los ritos sagrados de "nuestra" religión o la brujería impía de la religión de "ellos".

La ciencia, al hacer uso de las leyes naturales del Universo, y al hacerlo de manera demostrable y factible, se convirtió en el método indicado para imponer los deseos del hombre al mundo.[1]

Si el presidente cayera enfermo, estoy seguro de que todas las casas de culto de la nación organizarían plegarias por su recuperación como una forma de reflejo de la sociedad. Pero dudo que ningún sacerdote serio llegue a manifestar que se debe confiar exclusivamente en la oración. Incluso aquellos que tienen una plegaria en sus labios en realidad confían en los médicos.

Por mucho que pueda seguir habiendo de valioso en la religión como sistema ético, la misma ha abandonado su papel como reguladora del Universo. Y si los ritos mágicos de la religión verdadera aparecen como inútiles, ¿cuánto más inútiles deben ser los ritos mágicos de las religiones falsas?

Pero veamos la situación desde otro punto de vista. Hablamos de la brujería, de la persecución de las brujas... siempre refiriéndonos a las mujeres. Aunque en la historia real hubo hombres que fueron denunciados y sacrificados por practicar la hechicería -ya que han existido cantidades de brujos, hechiceros y adivinos- no es con el nombre de hechicería o adivinería que se conocen comúnmente estas prácticas. Es *brujería*, y en la conciencia popular la practicante por excelencia de la brujería es la *bruja,* que es obviamente una mujer. Hemos llegado a un punto donde el término que se usa casi exclusivamente es "bruja" y hay una fuerte tentación a definir a los practicantes del género masculino como "brujos".

En nuestra cultura actual estamos bien familiarizados con la bruja tal como se la describe en "Hansel y Gretel", en *Macbeth* y en "Blancanieves" y es a la bruja a quien se caricaturiza en la víspera de Todos los Santos ("Halloween"). Siempre se la describe como una mujer vieja y fea, con una nariz curva y una barbilla también curva que casi se tocan.

Durante la caza de brujas de 1500 a 1750, si bien es cierto que se mató y torturó a hombres y mujeres jóvenes, el porcentaje de mujeres ancianas que fueron perseguidas no guardaba ninguna proporción con la fracción que éstas constituían dentro de la población total.

¿Por qué? ¿Fue por machismo, o había alguna diferencia importante entre las viejas y los viejos, o entre las viejas y las jóvenes, que hacía que las mujeres ancianas fueran especialmente vulnerables?.

Veamos.

Para comenzar, la duración de la vida humana era muy breve antes de este siglo. La esperanza de vida media se ubicaba entre los veinticinco y los treinta y cinco años, dependiendo de la época y del lugar. Como resultado el porcentaje de gente anciana era mucho menor que en la actualidad, lo cual afectaba el papel que se asignaba a los ancianos en la sociedad.

Como rara vez se encontraba a un anciano, éste era muy apreciado y estimado. Puesto que la probabilidad de vivir mucho tiempo era mayor si uno formaba parte de la opulenta aristocracia, el porcentaje de ancianos que provenían de las clases altas estaba fuera de toda proporción, y era muy fácil asociar la ancianidad con el poder.

---

[1] N. del A.: Véase "El rayo fatal" en *The Stars in their Courses* (Doubleday, 1971).

En una sociedad preindustrial, y esencialmente pre-alfabeta, los ancianos eran especialmente valiosos por sus recuerdos. Cuando no se contaba con la clase de registros que ahora tenemos en forma escrita o electrónica, el cerebro de los hombres de edad constituía el depósito de las tradiciones y la corte suprema de las decisiones. Los ancianos recordaban cómo había sido en los viejos tiempos, y recordaban las consecuencias de numerosas decisiones tomadas en el pasado. Debido a esta experiencia era natural que ellos gobernaran la tribu, presidieran los ritos y actuaran como consejeros. La misma palabra "presbítero" proviene de una palabra griega que significa "anciano", y la palabra "senador" proviene de la que en latín significa "viejo" así que hasta hoy seguimos pagando tributo, al menos oral, a la noción de que el gobierno es de los ancianos.

Consideremos también que los hombres usan barbas. En la mayoría de las culturas occidentales primitivas la barba constituía un adorno masculino universal y generalmente se la consideraba como símbolo de virilidad. Hasta épocas muy recientes una expresión de desprecio que se aplicaba comúnmente a un hombre joven consistía en tacharlo de "joven imberbe".

Como la barba era un símbolo de masculinidad, sólo podían tocarla los más íntimos entre los íntimos. Tocar la barba era un insulto, arrancar pelos de la barba era una ofensa mortal. Cuando Hamlet se reprende a sí mismo e imagina insultos que lo fuercen a actuar, dice:

"¿Quién me llama villano, y me rompe la coronilla,
y me arranca la barba y la sopla en mi presencia."

O también, cuando en tiempos de David de Israel, el rey de Amón ordenó que los embajadores de David fueran afeitados por la fuerza, eso constituyó el motivo para ir a la guerra.

En inglés, el verbo "*to beard"* que quiere decir arrancar pelos de la barba, también significa "retar, desafiar" (ya que invita a una inmediata represalia). De allí proviene la frase "mesar las barbas del león en su propia guarida", que quiere decir tener el coraje para desafiar a alguien en su propio terreno, donde es más fuerte.

EI respeto que provoca la barba aumenta cuando la misma es blanca, ya que esto no sólo indica la masculinidad de quien la usa sino también la rara dignidad y la experiencia de la ancianidad.

De modo que me parece que todo lo que sabemos de aquellas épocas nos lleva a suponer que los ancianos, siempre que mantuvieran un grado razonable de dignidad, eran reverenciados.

Y, ¿qué sucedía con las mujeres?

Para empezar, las mujeres diferían de los hombres, hasta épocas muy recientes, por tener un período de vida mucho más breve. Ellas sufrían los riesgos del hambre, de la infección y de la violencia en la misma medida que el hombre, pero además de todo eso tenían que exponerse al trance del alumbramiento. En aquellos días la mujer era una máquina de hacer bebés, y si un niño no la mataba al nacer, el siguiente podía hacerlo.

En realidad, recién cuando se hubo desarrollado la teoría de los microbios como origen de las enfermedades, y cuando disminuyeron los peligros que corría una mujer al tener hijos, empezó a ser cosa corriente que las mujeres vivieran períodos de vida de duración normal. Entonces resultó que su período de vida era mayor que el de los hombres en un cinco o un diez por ciento. Una vez que se hubo eliminado la amenaza del parto, la mujer resultó ser el mejor ejemplar desde el punto de vista biológico, gracias a la presencia de un cromosoma adicional.

Pero en tiempos remotos, cuando el alumbramiento era el verdugo de las madres reales y potenciales, las ancianas eran todavía más difíciles de encontrar que los ancianos.

Pero entonces, ¿no se las debería haber reverenciado en mayor grado aún que a los ancianos? Tal vez no. En una sociedad dominada por los hombres las mujeres rara vez, o nunca, ocupan un lugar en los organismos gobernantes del estado y de la iglesia. Su papel consistía en tener un bebé detrás de otro y quedarse en casa. En consecuencia la edad, por sí sola, no confería a las ancianas las valiosas cualidades de liderazgo que confería a los ancianos.

Pero la edad y la experiencia debían dotar a las ancianas de alguna clase de conocimiento especializado, ¿no es cierto?

Sí, por supuesto. Puesto que las mujeres pasaban el tiempo en compañía de niños y criaturas, y se les pedía que los entretuvieran con cuentos, ellas se convirtieron en el archivo de leyendas populares y de creencias risibles que no comprendían, por carecer de experiencia e instrucción. El hombre, consciente de su rectitud y superioridad, favorecía este tipo de cosas y siempre estaba dispuesto a sostener que las mujeres eran más crédulas, más supersticiosas y más miedosas que los hombres, de modo que era muy natural que se llenaran hasta el hartazgo de tonterías.

En consecuencia, en tanto que la gente hablaba de la sabiduría de los ancianos, despreciaba y se reía de los "cuentos de viejas". Esto ocurre incluso en la Biblia, donde se aconseja a los creyentes que se deben mantener alejados de las supersticiones disparatadas. "Desecha las fábulas profanas y de viejas. Ejercítate para la piedad" (1ª. Timoteo 4:7).

Hay algo más todavía. Al tener que ocuparse de las enfermedades de los niños, las mujeres se pasaban entre ellas un gran número de remedios caseros, la mayoría de los cuales por lo menos no causaban ningún daño y proporcionaban un alivio psicológico. Algunas veces los remedios eran auténticamente valiosos y, de vez en cuando, alguna mujer agregaba sus propios descubrimientos y los transmitía.

Por lo tanto, muy a menudo una mujer anciana era el "doctor del pueblo" y la experta local en hierbas, infusiones, cocciones y hechizos (como la Abuela de *Los nuevos ricos).*

En su papel de médico, la vieja debe haber sido respetada... pero también temida. Después de todo los hechizos y los remedios pueden tanto curar como matar, y al tener un control tan poderoso sobre la vida humana en sus manos resecas, ¿quién podía decir lo que habría de decidir una vieja?

En este equilibrio entre el respeto y el temor, éste triunfó un día, en mi opinión, debido a la simple razón de que ¡las mujeres no tienen barba!

Recuerden que una genuina barba europea puede crecer hasta convertirse en una densa espesura que ocultará la cara casi por completo. Esto es importante porque, al hacerlo, quedarán ocultos los estragos causados por la edad, excepción hecha del emblanquecimiento de la misma barba que, después de todo, es un signo digno de reverencia.

Pero a medida que envejece la mujer sin barba, ¡las arrugas que se forman en su cara no se ocultan! En esas condiciones una mujer anciana parece muy distinta de una joven, mientras que un hombre anciano no se diferencia tanto de un joven, a no ser por el color de la barba.

Combinemos lo difícil que es encontrar una vieja con la horrible diferencia que existe entre su cara y la de una mujer joven o la de un hombre de cualquier edad y tendremos un fuerte incentivo para el miedo. Por el simple hecho de ser tan distintas y tan escasas, las viejas debían parecer feas, repulsivas... y atemorizantes.

Hay todavía más. Analicemos las consecuencias de la más común de todas las enfermedades, la única enfermedad (además de la vejez misma) que es casi universal, que ataca a casi toda la gente y que ¡aún hoy día es irreversible! si no lo han adivinado son las caries: la destrucción progresiva de los dientes.

En tiempos remotos en que el azúcar y todas las delicias azucaradas que hoy comemos eran escasas o inexistentes, había menos tendencia a las caries. Pero éstas existían y al no haber tratamiento odontológico -salvo la extracción de los dientes por la fuerza cuando dolían demasiado- la vida se convertía en una constante pérdida de dientes averiados.

Para el hombre o la mujer promedio esto no importaba. Con un promedio de vida de cerca de treinta años algunos de los dientes sobrevivían. Pero para los pocos afortunados que alcanzaban la vejez el precio podía ser la falta total de dientes, y esto en una época en que los dientes postizos eran prácticamente desconocidos.

Un viejo sin dientes podía arreglárselas hasta cierto punto. El pelo sobre la cara le ocultaba las mandíbulas y escondía los efectos de una boca desdentada.

Para una vieja las cosas eran distintas. La cara pelada dejaba las mandíbulas completamente a la vista. Los dientes ya no mantenían separadas las encías y, al cerrar la boca, la nariz y el mentón se acercaban mucho más de lo acostumbrado, o de lo que comúnmente podrían hacerlo en las mujeres jóvenes. Así fue que el acercamiento de nariz y mentón se convirtió en un símbolo de las viejas, y esto se exagera con facilidad en las caricaturas reemplazando la nariz por un gancho hacia abajo y la barbilla por un gancho hacia arriba.

¿Empiezan ustedes a reconocer a la bruja? No es más que una vieja sin dientes.

La mandíbula sin dientes que mastica con cuidado comidas blandas: la cara arrugada, que se va arrugando cada vez más a medida que los maxilares se cierran: el habla recortada, con algunos sonidos distorsionados por la carencia de dientes: la sonrisa insinuante, desdentada de una débil anciana... todo eso puede causar temor al convertirse en un fenómeno inusual.

Y ella está desamparada. Muy probablemente su esposo e hijos han muerto, pues sólo han vivido los promedios normales de la época. Si tiene nietos, éstos pueden actuar hacia ella de manera indiferente. No hay ningún sentimiento de responsabilidad hacia ella por parte de la sociedad en general... ¿Qué puede hacer para vivir?

Podría vivir de la limosna. Con mayor probabilidad podría asumir su papel como médico de la aldea, como partera, como vendedora de brebajes, como hechicera. Con el fin de asegurarse de que sus honorarios se elevasen todo lo posible y que se los pagasen puntualmente, debía exagerar sus propias facultades y así tratar de parecer lo más poderosa posible. Por amor al Cielo, ¿quién no habría hecho lo mismo?

¡Pero qué peligroso podía llegar a ser eso! Con toda seguridad ella tenía que perder algunos pacientes (esto les sucede todavía a los médicos actuales) y, ¿qué explicación podía dar cuando ello ocurría? Cuanto más poderosa se creía que era, debía parecer menos probable que alguien muriera en sus manos a menos que la vieja lo hubiera provocado deliberadamente en un acto de malevolencia.

Además, en aquella época en que no existía la higiene, la gente y los animales domésticos enfermaban con frecuencia sin causa aparente. La causa se atribuía a los demonios o a los hechizos malignos, y ¿quién podía controlar esas cosas mejor que la refunfuñante mujer de las hierbas: esa mujer extraña, vieja, fea, arrugada, que pretendía tener terribles poderes, que en algún momento seguramente había sido atormentada por los niños o rechazada por los adultos... y que luego había descargado su venganza?

Así ocurrió que cuando la gente comenzó a cazar brujas, fueron las viejas las destinadas a sufrir casi todo el castigo.

Y, ¿qué fue lo que salvó a las ancianas de esta cacería mortal y nefasta? ¿Fue la filosofía benévola? ¿Fueron las reglas de la religión y la moral? ¡Nunca!

En mi opinión nada de lo que hay defectuoso en el género humano ha sido curado jamás por otra cosa que por el progreso de la ciencia. Ya he dicho que la ciencia eliminó el miedo a la brujería al ofrecer un método alternativo para controlar el Universo. Y la ciencia, al borrar

los peligros del parto y al aumentar el promedio de vida, hizo que las mujeres ancianas se convirtiesen en algo común y corriente y, en consecuencia, en algo menos extraño y atemorizante.

Por último, el progreso de la odontología permitió que los dientes naturales subsistieran hasta la vejez, o bien reemplazó los dientes perdidos por otros postizos de diseño eficiente. Con lo cual aquella caricatura refunfuñante de mentón y nariz en forma de gancho que representaba la vejez femenina, desapareció. Ahora tenemos una forma nueva de ver a las mujeres ancianas, que después de todo difiere muy poco de nuestra forma de ver a las jóvenes.

Así que la bruja malvada ha muerto... gracias a la odontología.

XIV. EL EFECTO DEL ANOCHECER

Una vez, hace muchos años, cuando yo recién había cumplido los veintiuno, escribí un cuento titulado “Anochecer”, el cual se convirtió en un clásico para mi completo asombro.

Comenzaba con una cita tomada de los ensayos de Ralph Waldo Emerson, que me había sido señalada por John W. Campbell, de la revista *Astounding.* Decía así:

Si las estrellas aparecieran una noche cada mil años, ¿cómo harían los hombres para creer y adorar, y preservar por muchas generaciones el recuerdo de la ciudad de Dios?[1]

Campbell quería una historia que diera vuelta del revés a esta cita y yo lo iba a complacer con todo gusto. Ubiqué mi cuento en un mundo que tenía seis soles, en el cual anochecía en circunstancias muy excepcionales, sólo muy de vez en cuando, y cuando aparecían las estrellas todos se volvían locos.

Nunca creí que un cuento semejante tuviera ningún valor como predicción. Yo pude imaginarme que llegaran a existir mis robots positrónicos. Incluso pude concebir que algún día se llegará a fundar mi Imperio Galáctico exclusivamente humano. Pero... ¿seres inteligentes que enloquezcan al ver las estrellas?... ¿Y durante el curso de mi propia vida?

Está ocurriendo. La idea de la expansión del hombre en el espacio, la idea de que el hombre llegue hasta las estrellas parece arrastrar a cierta gente hacia un delirio irracional. Empiezan a buscar razones en contra de ello y, en su locura, solamente pueden ofrecer razones insensatas.

Voy a ser más explícito. Hace un par de años el profesor Gerard O’Neil del Departamento de Física de la Universidad de Princeton empezó a publicitar su idea de establecer colonias espaciales en puntos de la órbita lunar alrededor de la Tierra, empleando a la misma Luna como fuente de los materiales de construcción.

Al principio yo fui escéptico, puesto que durante años me había estado oponiendo a la idea de colonizar la Luna misma. Tardé un rato en ver que estaba yo sufriendo de lo que O’Neil llama “chauvinismo planetario” que es la suposición de que las sociedades humanas deben construirse sobre (o exactamente debajo de) las superficies de mundos extensos puesto que allí es donde, por accidente, existe la única sociedad tecnológica que conocemos.

No obstante, después de haber leído y meditado, él me convenció. Me volví un converso a favor de sus puntos de vista (puedo no tener ya los veintiún años, pero no soy tan viejo como para haber perdido mi flexibilidad).

Así fue que comencé a escribir artículos promoviendo la idea de O’Neil. En particular escribí uno titulado “Colonizando los Cielos” que apareció en el número del 28 de junio de 1975 de la *Saturday Review.*

Como consecuencia de ese artículo recibí una cantidad de cartas, algunas amables y otras ofensivas, todas las cuales expresaban las dudas más serias no sólo con respecto al valor de la idea de O’Neill, sino también sobre el valor de *cualquier* idea de abandonar la Tierra. La lectura de las cartas me entristeció, ya que en la mayoría no había una actitud sana. Algunas de las objeciones eran honestas y bien intencionadas, pero ninguna era cuerda.

---

[1] N. del A.: Hace algunos años reconocí por escrito que nunca había podido encontrar la fuente de dicha cita. De inmediato llegaron docenas de cartas que ubicaban la referencia exacta en un ensayo de Emerson titulado “Sobre la Naturaleza”. Así que, por favor, Amables Lectores, de aquí en adelante absténganse. Ahora ya lo sé...

Ninguno de mis corresponsales, por ejemplo, se basó en ninguna de las dos consideraciones técnicas que cuentan con mayor fuerza para arruinar la hermosa imagen de la colonización espacial. Aquí las tienen:

Primera. El Universo es en general un lugar peligroso para la vida debido al flujo de rayos cósmicos que, por lo que sabemos, existe en todas partes. Los rayos cósmicos son muy penetrantes, muy peligrosos y no es fácil protegerse de ellos ni neutralizarlos por medios artificiales.

En la Tierra nos las arreglamos porque tenemos un campo magnético planetario que desvía a una parte de los rayos cósmicos, y además nos cubren kilómetros de atmósfera que sirven para absorber los más dañinos. En la Luna nos las arreglaríamos, a pesar de no contar ni con campo magnético ni con atmósfera, porque construiríamos una colonia debajo de varios metros de corteza lunar y eso serviría como protección adecuada.

Pero en una colonia espacial, en la cual las paredes son relativamente delgadas y la atmósfera esta del lado de adentro, ¿es posible proteger a los habitantes humanos de los rayos cósmicos? O'Neil piensa que si la colonia es lo suficientemente grande se la puede diseñar para que absorba gran parte de los rayos cósmicos antes de que alcancen a la gente.

Segunda. Una colonia espacial tiene un campo gravitatorio propio insignificante, y es posible que sin campo gravitatorio la vida resulte ser incómoda e incluso imposible a largo plazo. Entonces, a fin de proveer el equivalente de la gravedad se propone que se haga rotar a la colonia alrededor de un eje con una velocidad suficiente para producir un efecto centrífugo que mantenga a todos adheridos a la superficie interior de la pared curva de la colonia con una fuerza que sea igual a la gravedad terrestre.

Sin embargo, un efecto centrífugo en una colonia relativamente pequeña no reproduce exactamente el efecto gravitatorio que existe en un mundo relativamente grande. La intensidad del efecto centrífugo disminuye rápidamente a medida que uno se eleva desde la pared interior de la colonia, mientras que la intensidad del efecto gravitatorio disminuye de una manera muy lenta cuando uno se eleva desde la superficie del planeta. Estaríamos cambiando la atracción gravitacional constante de la Tierra por la atracción muy variable de la colonia, y ello puede crear dificultades.

Un problema conexo es el que se refiere al efecto de Coriolis, el cual sobre la Tierra es pequeño pero medible y sería mucho más intenso en la colonia. Esencialmente significa que si usted pega un salto o arroja un objeto hacia arriba, ni usted ni el objeto volverán a caer en el mismo lugar. El comportamiento de los cuerpos en movimiento sería muy distinto del comportamiento sobre la Tierra y ello podría traer dificultades.

Pero ésta no fue la clase de objeción que hicieron mis corresponsales. En cambio, presentaron otras muy tontas; lo bastante tontas como para hacer pensar que todos sufren de lo que yo denomino "el efecto del anochecer" (la locura producida al ver las estrellas).

Algunos de los que me escribieron, por ejemplo. Descartaron por completo la cuestión como si fuera "ciencia-ficción" y se mostraron muy indignados porque la revista y yo hubiésemos presentado las cosas como si efectivamente se tratara de hechos científicos.

Caramba, está muy claro que esta gente sabía que soy un escritor de ciencia-ficción, y supongo que por ello creyeron que ésa era una buena manera de expresar al mismo tiempo su desprecio hacia mí y hacia el artículo.

Sin embargo, al hacerlo revelaron no saber qué es la ciencia-ficción (exceptuando, tal vez, que sea "algo que haya escrito Isaac Asimov").

Desde el punto de vista más riguroso la ciencia-ficción consiste en extrapolaciones hechas a partir del estado actual de la teoría científica y de la explicación tecnológica. Supone por lo menos la existencia de un progreso que puede o no ser posible, que puede o no tener lugar

jamás, y sobre esa base procede a contar una historia..Pero la idea de las colonias especiales, como la presenta O'Neil, no hace nada de esto. Emplea tecnología que tenemos a mano, métodos y técnicas que son posibles ahora mismo, y no hace ningún anticipo, por minúsculo que sea, más allá del presente. En este aspecto las colonias espaciales de O'Neil no son ciencia-ficción sino que constituyen únicamente tecnología espacial).

¿Quién lo dice? ¿Yo, Isaac Asimov, el autor de ciencia-ficción? Por supuesto que no. No soy un experto en esto. Quien lo dice es Gerard O'Neill, y sus títulos son impecables. No sólo es profesor de física en Princeton, sino que tiene una gran reputación por sus investigaciones en materia nuclear. Él fue el autor de la idea de los anillos de almacenamiento de partículas en los cuales dos aceleradores envían haces de partículas enfrentados uno contra el otro, produciendo así un gran aumento en la energía de colisión sin necesidad de tener que aumentar el tamaño de los aceleradores (ver su artículo sobre el tema en el número de *Scientific American* de noviembre de 1966).

Por supuesto que es posible que O'Neil esté equivocado. Es un hombre brillante, pero la gente brillante no deja de ser humana y puede enredarse, tropezar y caerse. Pero su idea de las colonias espaciales ha sido publicada y discutida abiertamente en varios congresos científicos, y ha soportado bien lo que podemos llamar el calor del horno. Precisamente esta mañana (mientras estoy escribiendo) la NASA ha hecho pública la propuesta de construir una colonia espacial (no exactamente en la forma que propuso O'Neil) en el curso de los próximos cincuenta años.

Yo diría entonces que la idea *no* es ciencia-ficción.

Claro que mis corresponsales pueden haber querido decir que las colonias espaciales son ciencia-ficción simplemente porque todavía no existen. Esa puede ser su propia definición de ciencia-ficción: cualquier referencia a algo que todavía no existe. En ese caso:

-Un descenso tripulado en la Luna era ciencia-ficción en 1968.

-La bomba atómica era ciencia-ficción en 1944.

-El aeroplano era ciencia-ficción en 1902; etcétera.

Si eso es ciencia-ficción, entonces de ahora en adelante no pido más que escribir artículos de ciencia-ficción para revistas destinadas a todo público.

Algunos de los que me escribieron estaban indignados por el hecho de que yo creaba falsas expectativas acerca de la expansión del hábitat humano; como si yo estuviera tratando de convencer a la gente de que la humanidad muy pronto se esparcirá por el espacio y que, en consecuencia, los seres humanos en general no deben creer que hay ninguna necesidad de limitar la población. De ser así la explosión demográfica continuará y la humanidad irá hacia su propia destrucción.

Esto me preocupó y reconozco que me reproché a mí mismo por no haber dejado perfectamente aclarado en mi artículo que a corto plazo la colonización espacial no afectaría en lo más mínimo en la necesidad de reducir la tasa de natalidad sobre la Tierra. Al fin y al cabo, si dentro de los próximos cincuenta años construimos una colonia espacial con capacidad para diez mil personas, no veo qué significación puede tener si lo comparamos con el hecho de que, a la tasa de crecimiento actual, por ese entonces habrá sobre la Tierra siete mil millones de personas más. Si usted resta diez mil de siete mil millones, el resultado sigue siendo casi siete mil millones.

Y tengo tan presente el peligro de la explosión demográfica como puede tenerlo cualquier otro hombre sobre la Tierra[1], pero la actitud de los que me escribieron me pareció excesiva

---

[1] N. del A.: Vease "La fuerza de la progresión" en *The Stars in Their Courses* (Doubleday, 1971): "Alto!" en *The Left Hand of the Electron* (Doubleday, 1972) (En castellano: *El electrón es zurdo,* Alianza.): y *Earth: Our Crowded Spaceship* (John Day, 1974)..

hasta lo irracional. Aparentemente piensan que cualquier aumento en la porción de tierra de que dispone la humanidad es malo, porque puede alentar un aumento en la explosión demográfica. Me pareció como si quisieran desesperadamente que los problemas sobre la Tierra empeoren con rapidez, como si ésta fuera la única forma de convencer a la gente para que actúe. Es como si contaran con que una catástrofe puede prevenir otra.

Pero, ¿es ésa la única salida? Los esfuerzos para controlar, por una parte, el crecimiento de la población y, por la otra, para mejorar la condición humana no me parece que sean mutuamente excluyentes. Consideremos una analogía...

Supongan que un hombre está muy endeudado y debe conseguir de cualquier manera el dinero para pagar sus deudas antes de un año, ya que en ello le va la vida. Supongamos que tiene un cierto ingreso y que si restringe sus gastos al máximo, puede ahorrar lo suficiente como para salvarse. Pero supongamos ahora que viene un amigo y le hace notar que puede aumentar sus ingresos si hace determinadas acciones.

Este amigo, ¿está perjudicando al deudor? El deudor, al notar que puede incrementar sus ingresos, ¿empezará a gastar más que antes, aumentando sus deudas y asegurándose la muerte? ¿O aceptará el aumento y se dará cuenta de que puede reducir sus gastos y aumentar sus ingresos al mismo tiempo, y de que al hacer *ambas* cosas tendrá mayor probabilidad de salir vivo que si hiciera una sola?

Y bien, ¿qué preferirá hacer?

Si es tonto del todo se dejará tentar por su ingreso adicional y permitirá que su deuda aumente. Si es débil del todo rechazará este ingreso adicional por miedo de tentarse y hacer algún desatino. Pero si está cuerdo no podrá dejar de ver el valor de una estrategia combinada.

La gente que me escribió está claramente convencida de que los seres humanos en conjunto son tontos y débiles por completo. Bueno, es posible que lo sean, pero si lo son entonces nada podrá salvar nuestra civilización y ya podemos olvidarnos por completo de cualquier estrategia. Entonces no tenemos nada que perder si suponemos, aunque sólo sea por su interés académico, que los seres humanos deberán actuar racionalmente, antes de que sea demasiado tarde para salvar la civilización: y tenemos que propugnar la estrategia que sea más útil. Ésta consiste en reducir la tasa de natalidad en la mayor medida y con la mayor rapidez que podamos y, al mismo tiempo, hacer todo lo posible por llevar hasta el máximo el espacio habitable, los alimentos, la energía y los recursos disponibles. Por cierto que mi analogía no es muy apropiada ya que describe a un deudor que conoce lo desesperado de su situación, mientras que un gran porcentaje de la población de la Tierra o desconoce por completo que existe un problema poblacional o bien lo sabe, pero prefiere negar la importancia del problema por diversas razones. Pero esto es algo que debe combatirse por medio de la educación, y no mediante una desesperada incitación a la catástrofe.

Si ésta es lo único que nos puede educar, entonces la humanidad está loca y la civilización debe morir... y yo supongo que éste no es el caso.

Algunos de mis corresponsales oponían la objeción de que todo el asunto puede resultar demasiado caro.

La NASA sugiere que la primera colonia espacial costará cien mil millones de dólares que, repartidos en los próximos cincuenta años, significan dos mil millones de dólares por año. Pero ubiquen esto en su justa perspectiva y verán cuán irracional es la objeción basada en los costos.

¿Cuánto gastan los norteamericanos en alcohol y tabaco cada año? Francamente no lo sé, pero apostaría a que es más de dos mil millones de dólares por año.

Y creo que esto es cierto si solamente contamos el dinero que se gasta en la adquisición de bebidas y cigarrillos. ¿Qué podemos decir del valor monetario de las personas que mueren o

que terminan lisiadas por culpa de conductores ebrios? ¿Y qué podemos decir del valor monetario de los edificios que se incendian y de la gente que muere por culpa de otros que fuman en la cama? ¿Qué podemos decir del valor monetario de los bosques que se incendian por culpa de los campistas que fuman? ¿Qué podemos decir del cáncer de pulmón y de los ataques al corazón debidos al cigarrillo?

Sumen todo eso. Si podemos gastar cantidades astronómicas en hábitos que sabemos que son mortíferos, tanto para quienes los practican como para muchos que no lo hacen, ¿no es cosa de locos oponerse a gastar menos en un programa que puede traer infinitos beneficios a la humanidad? Usted puede sostener contra esto que cada individuo disfruta al fumar o beber, y que no dejará de hacerlo para tener colonias en el cielo, y que es muy fácil para mí condenar esos hábitos ya que no los poseo, y que además no sé lo que me estoy perdiendo.

En ese caso analicemos la guerra. ¿Cuánto dinero se ha gastado (nada más que dinero: no nos preocupemos por las vidas o abstracciones tales como la felicidad humana) en guerras solamente en el siglo veinte? ¿Cuánto dinero se ha gastado y cuánto se gasta en preparativos para la guerra?

Supongamos que desarrollamos un mundo sin guerras. El dinero que se ahorre podrá financiar muchas veces el programa de la colonización del espacio, sin referirnos siquiera a la salvación de vidas y a la eliminación de la miseria.

Además recordemos que el precio de la guerra (y también los del alcohol y el tabaco, de paso) ha ido creciendo continuamente, década tras década, en toda la historia reciente. En cambio, es probable que el precio de la colonización espacial disminuya. Cada vez con mayor frecuencia se irá usando a la Luna como cantera, al espacio como lugar de trabajo y a los colonos como trabajadores. Cada vez los colonos devolverán a la Tierra más de lo que se llevaron (por ejemplo, bajo la forma de energía solar concentrada en haces).

Pero, ¿no será todo esto pura tontería? ¿No será imposible que la humanidad deje de lado la guerra y disperse sus ejércitos, lo que le permitiría contar con el dinero necesario para la colonización espacial? En ese caso también es imposible que podamos avanzar mucho en el siglo XXI con nuestra civilización tecnológica intacta. Ninguna estrategia podrá salvarnos, así que muy bien podemos entretenernos en apuntar alto.

Algunos pensaban que las colonias espaciales serían un fracaso, ya que nadie querría vivir en un medio ambiente completamente controlado.

Frente a tamaña irreflexión, ¿qué debe hacer uno, reírse o llorar?, ya que nadie puede sostener ese punto de vista sin ignorar por completo la historia del hombre.

Las primeras ciudades fueron construidas hace cerca de diez mil años y, desde ese entonces, en cada década la Tierra en promedio se ha ido urbanizando progresivamente. Durante ciertos períodos oscurantistas ha habido disminuciones en el grado de urbanización, pero esos períodos siempre fueron breves (por lo menos hasta ahora) y en general el movimiento siempre ha sido ascendente. Como ejemplo reciente, en 1900 vivía en áreas urbanas un quince por ciento de la población norteamericana, pero en 1970 la proporción había ascendido a un ochenta y siete por ciento.

Está claro que las áreas urbanas están más controladas (en el sentido de que son más artificiales, están más alejadas del estado natural original y dependen más de una tecnología compleja) que las áreas rurales, y el nivel de control en las ciudades ha ido creciendo constantemente. Es decir que no solamente la gente no rechaza el control, sino que la historia de los últimos diez milenios muestra una humanidad que desea fervientemente un control cada vez mayor. Hoy día el movimiento hacia las ciudades es más importante que nunca.

Algunos de ustedes pueden decirme que en los Estados Unidos hay una *huida hacia afuera* de las ciudades. Sí, por cierto que la hay: una huida desde las ciudades *centrales,* donde la ingeniería es obsoleta y se viene abajo. La gente que huye se dirige a las afueras de la

ciudad, a los suburbios, donde la ingeniería es más eficiente. No se escapan del control, sino que se dirigen a donde el control es mejor, más eficiente.

¿Existe un movimiento de vuelta al campo? Siempre lo hay, en todas las generaciones... No es más que un rizo minúsculo pero ruidoso en medio de una ola enorme.

Entonces, ¿cómo es posible afirmar que nadie querría vivir en un medio tan controlado?

Algunos pensaban que lo importante era la ubicación; que nadie querría abandonar la Tierra para irse a vivir a una colonia espacial.

Fíjense ustedes, los que me han escrito esto son norteamericanos y se supone que deben tener por lo menos una idea rudimentaria de la historia de América. En cuyo caso, ¿qué otra cosa puede ser esta proposición más que un absurdo completo? Imagínense que alguien les hace la siguiente proposición:

-Usted se ha de embarcar en un pequeño barco de vela, donde la comida y el agua están en mal estado y donde no tendrá derecho a vivir su vida en privado. Habrá de pasarse seis semanas sacudiéndose y cabeceando en medio de un océano donde, a la primera tormenta, se irá a pique. Si sobrevive y logra desembarcar, se encontrará usted en una comarca desierta, rodeado de una población nativa que le será hostil. ¿Iría usted?

Mucha gente lo hizo. Así fue como se establecieron las colonias en el siglo XVII. Unas once mil personas llegaron a la flamante colonia de Virginia entre 1607 (en que fue fundada) y 1617. De éstas, murieron diez mil, y quedaron sólo mil sobrevivientes en 1617. Pero la gente siguió viniendo.

O bien, imaginen esta proposición:

-Usted habrá de embarcarse en un vapor atestado que tardará una semana o más en hacer el viaje. Viajará en las bodegas e irá a parar a los barrios más bajos de una ciudad repleta de gente, donde acabará trabajando como un esclavo para ganar una miseria. ¿Iría usted?

Durante todo el siglo XIX y a comienzos del siglo XX lo hicieron millones de personas que trajeron a los Estados Unidos todos los grupos étnicos que existían en Europa.

O bien imaginen esta proposición:

-Que usted se sube a una carreta, o que posiblemente vaya a pie, y cruza dos mil quinientos kilómetros de tierra bravía, en parte desierta, corriendo el riesgo de caer víctima de las incursiones de los nativos que le son hostiles. A cambio de sus sufrimiento usted llegará a un territorio que puede tener oro como puede no tenerlo, así que después de todo eso usted podrá encontrarlo o no.

Hubo una cantidad de gente que hizo exactamente eso en 1849 y en los años que siguieron. Y hubo otros que medio siglo después se incorporaron a una locura colectiva semejante y fueron a buscar minas de oro a las zonas polares de Alaska y Canadá.

¿No quiere ir? Toda la historia nos demuestra que cuando una forma de vida se ha vuelto intolerable, la gente es capaz de correr cualquier riesgo y de recorrer cualquier distancia para descubrir una nueva vida y empezar de nuevo.

Parece casi inevitable que dentro de los próximos cincuenta años, mientras la gente sobre la Tierra va a intentar desesperadamente frenar el crecimiento de la población, la vida se irá haciendo cada vez menos soportable.

¿Todavía no quiere ir? Pues yo creo que si llega a haber diez mil lugares disponibles en la primera colonia espacial, los voluntarios habrán de sumar diez millones.

Algunos vislumbraban un futuro en el cual las colonias espaciales serían prósperas, y temían que se irían de la Tierra los más educados, preparados e inteligentes, es decir, la gente más preciosa, que la Tierra no podría darse el lujo de perder. Pensaban que la colonización del espacio convertiría a la Tierra en un montón de despojos humanos.

También éstos olvidan la historia norteamericana hasta un punto que sólo es posible si se cae en el absurdo.

¿Por qué habrían de abandonar la Tierra los más educados, avanzados y acomodados para irse a las colonias espaciales? Ellos estarían cómodos aquí. ¿Acaso fueron los educados, los avanzados, los ricos, los que colmaron aquellos verdaderos cascarones de nuez y aquellas bodegas hediondas de los vapores que vinieron al Nuevo Mundo? ¿Fueron los educados, los avanzados y los ricos los que dejaron la ciudades del Este para salir a buscar las minas de oro de California?

No, señor. Los que vinieron no fueron los nobles británicos sino los campesinos irlandeses hambrientos: no fueron los cortesanos del Zar, sino los judíos sucios de los guetos. Por cierto que también vinieron algunos hombres ilustrados, pero la inmensa mayoría la formaban aquellos que lo pasaban tan mal en su patria que ninguno de los peligros ni dificultades del viaje, ni las privaciones del Nuevo Mundo los podían hacer retroceder.

Sobre la Estatua de la Libertad esta inscrito un poema de Emma Lazarus que es muy claro al respecto. En parte dice así:

...Cededme vuestras masas pobres y cansadas,
que encogidas anhelan respirar con libertad,
las sobras despreciables de vuestra fecunda playa.
Enviadme a los sin casa, aunque haya tempestad:
mi lámpara levanto junto a la puerta dorada.

Tal vez yo recuerde mejor esto que aquellos que me escribieron, ya que mis padres y yo fuimos parte de las sobras despreciables. Desembarcamos en Ellis Island en 1923, un año antes de que se cerrara la puerta dorada.

No se nos va a ir la mejor gente a las colonias. Serán los pobres quienes clamarán por ir. A los peces gordos vamos a tener que obligarlos y untarlos bien, si queremos que algunos vayan.

Algunos tenían miedo de que las colonias acabarían por ser racistas, ya que la gente de las naciones subdesarrolladas podría querer ir pero no lo lograría, al desconocer por completo la ingeniería espacial y al no tener ninguna experiencia previa en el espacio.

¿Cómo es posible que alguien sugiera esto, ni siquiera en medio de un ataque de locura?

Mis padres (volviendo a ellos) no habían visto el océano jamás hasta el momento en que hicieron su viaje a Nueva York. Jamás habían visto un transatlántico hasta que se embarcaron en uno. Y después de embarcarse, ¿creen ustedes que llegaron a tener la más mínima idea de cómo funcionaba o siquiera de cómo flotaba? Pero nada de eso evitó que llegaran a los Estados Unidos.

¡Por todos los Cielos!, ¿es tan difícil de entender que para ir de la Tierra a una colonia espacial *no hace falta* ser ingeniero espacial, *ni* ser piloto de una nave, *ni* tampoco tener ninguna experiencia anterior en el espacio.?

¡Lo que uno necesita para llegar allí (ahora contengan la respiración) es un billete![1]

De modo que ya conocen el efecto del anochecer. Hay gente que se vuelve loca al enfrentarse con las estrellas. ¿Qué otra conclusión se puede sacar de argumentos como los que hemos descrito?.Puede suceder que en el momento de entrar al siglo XXI nuestra civilización

[1] N. del A.: Es posible que la gente no pueda costearse un billete, pero eso es otra cosa, y seguramente se habrá de resolver en una sociedad económicamente sana que, según espero, se habrá desarrollado en el siglo XXI.

tecnológica se esté desmoronando de manera irreparable. De ser así, no habremos de salir al espacio; es posible que jamás salgamos al espacio.

Pero supongamos que llegamos vivos al siglo XXI. En ese caso, en un mundo sin guerras, con una tasa de natalidad reducida, el espacio va a ser explotado y colonizado y se va a montar la plataforma para una expansión distinta y más grande de la humanidad que permitirá acceder a un nivel de civilización distinto y mucho más elevado.

En realidad, yo no voy a vivir para verlo, pero eso no me importa porque lo veo con los ojos de mi mente y -siempre y cuando nuestra civilización sobreviva- *¡sé que así habrá de ser!*

XV. LOS HOLANDESES EN COHETE

Con mucha frecuencia entre mi correspondencia recibo libros, revistas y materiales impresos diversos, objetos que no he solicitado y que no esperaba recibir. En tales casos lo primero que se me ocurre es mirar el índice, si lo hay, o echar una ojeada rápida si no lo hay, para ver si se menciona mi nombre. A menudo, pero no siempre, dicha mención es la razón por la cual se me envió el material.

Cuando el asunto en cuestión es un tema sobre el cual yo me he expresado en forma irónica, me vuelvo muy desconfiado. Por ejemplo, hace bastante tiempo me llegó una cosa titulada "Simposio OVNI 1973», y allí había un artículo firmado por Stanton T. Friedman, un caballero a quien no conozco personalmente.

El artículo contenía una sección denominada "Ciencia-ficción versus Ovnilogía", la cual comenzaba diciendo: "Mucha gente se sorprende cuando hago notar que dos de los autores más notables de ciencia y de ciencia-ficción, Isaac Asimov y Arthur Clarke, son igualmente vehementes en sus sentimiento anti-OVNI."

El hecho que Friedman se encuentre con gente que "se sorprenda" por esto indica, según supongo, el nivel de los círculos en que se mueve. Al fin y al cabo, ¿por qué razón habría de suponer la gente, a partir del hecho de que Arthur y yo somos autores de ciencia-ficción, que deberíamos perder nuestra inteligencia y creer en cualquier culto místico que aparente tener algún elemento en común con la ciencia-ficción?

Friedman sigue adelante, citándome y agregando sus propios comentarios que supongo que están destinados a reducirme al silencio. Así, me cita diciendo: "La cantidad de energía que es necesaria para hacer un viaje interestelar es tan grande que me parece inconcebible que ninguna criatura que pueda guiar sus naves a través de las inmensas profundidades del espacio lo haga con el único fin de juguetear con nosotros durante varias décadas. Si quisieran ponerse en contacto con nosotros, seguramente *lo harían;* si no fuera así, entonces ahorrarían su energía."

A esto Friedman agrega entre paréntesis: "(¡Qué ego tenemos los terrícolas! ¿Acaso merecemos establecer relaciones?)"

Obviamente Friedman me ha citado sin leer la cita. Yo decía: "Si quisieran ponerse en contacto...". Estoy completamente dispuesto a admitir que es posible que no seamos merecedores de establecer ese contacto, pero en ese caso "ellos se ahorrarían su energía..." y se irían.

Imaginen el ego de los Friedman que creen que quizá no merecemos que se pongan en contacto con nosotros pero que, de todos modos, somos tan encantadores que de alguna manera los platillos volantes se han de pasar todo el tiempo husmeando nuestro planeta por millares durante varias décadas, como si fueran holandeses errantes en cohetes sentenciados para siempre a girar alrededor de la Tierra sin poder aterrizar: y además condenados a exponerse ante nosotros como palomos en época de celo.

Después Friedman cita una frase mía que concluye diciendo:"...seguiré suponiendo que toda observación que se haya comunicado es un engaño, un error o bien algo que puede explicarse sin necesidad de recurrir a naves espaciales provenientes de estrellas distantes".

Y Friedman, arrogándose una intimidad alegre, dice: " (¿Y qué me dices de las estrellas cercanas, Isaac?)"

Caramba, Sr. Friedman,[1] aun las estrellas más cercanas son muy lejanas.

---

[1] N. del A.: Por mi parte, yo prefiero no adoptar un aire de confianza que no existe...

Friedman continúa y me insta a escribir un libro que se refiera a hechos verídicos acerca de los platillos volantes, diciendo que “ciertos casos, como el de Betty y Barney Hill son mucho más interesantes y emocionantes que ninguno de los cuentos de Asimov”

Bueno, quizá sea así, Sr. Friedman, pero también son mucho más fantasiosos.

Si bien no he de escribir un libro, escribiré un artículo sobre el tema. Dios sabe cuántas veces he expuesto mis puntos de vista sobre los platillos volantes, pero nunca lo hice en un artículo de esta serie. Permítanme que ahora lo haga bajo la forma de preguntas y respuestas:

1) *¿Por qué insiste usted en llamarlos “platillos volantes”? ¿Eso no es injustamente ridículo? ¿Por qué no denominarlos OVNIS, empleando un término más sobrio?*

OVNI quiere decir “objeto volador no identificado”. Si voy a analizar la cuestión con alguien que esté de acuerdo en que dichas manifestaciones, sean lo que fueren, en realidad no han sido identificadas, en tanto mi interlocutor no insista en identificarlas, con todo gusto analizaré a los OVNIS con toda la seriedad que sea posible. Pero para una persona que insista en identificarlos como naves espaciales pilotadas por seres extraterrestres, los objetos dejan de ser no-identificados y en consecuencia *no son* OVNIS. En ese caso los llamo platillos volantes, que es el término que empleaban los mismos entusiastas de los platillos volantes, antes de que se decidieran a aspirar a cierta respetabilidad.

2) ¿Niega usted que existan otras formas de vida inteligente en el Universo?

Por cierto que yo no lo niego. Ya en septiembre de 1963 había escrito un artículo en *F & SF* titulado “¿Quién está ahí afuera?” en el cual me basaba en los argumentos de Carl Sagan en el sentido de que podía haber numerosas civilizaciones en el Universo.

Después, en colaboración con Stephen H. Dole, escribí un libro, *Planetas para el Hombre* (Random House, 1964), que se ocupó de la cuestión con mucho más detalle y desde un punto de vista levemente diferente, en el cual se hacía la proposición de que existen en el Universo numerosos planetas que contienen formas de vida.

Permítanme repetir muy brevemente el argumento...

Nadie sabe a ciencia cierta cuántas galaxias hay en el Universo; seguramente muchos miles de millones. El número que uso casi siempre es 100 mil millones. Aun si nos restringiéramos a una sola galaxia, nuestra propia Vía Láctea, tendríamos todavía un sistema que contiene 135 mil millones de estrellas.

Las teorías corrientes sobre la formación estelar proponen que durante el nacimiento de una nueva estrella se forman invariablemente sistemas planetarios, así que podemos decir que nuestra Galaxia contiene 135 mil millones de sistemas planetarios, cada uno de los cuales tal vez contenga una docena de planetas y media docena de satélites mayores.

De este número de cuerpos fríos, superior al billón, algunos están demasiado lejos de su estrella para parecerse a la Tierra, otros estarán demasiado cerca. Algunos pueden tener rotaciones demasiado lentas u órbitas demasiado excéntricas como para permitir la existencia de un clima adecuado para la vida. Algunos pueden girar en torno de estrellas que estarán demasiado frías para entregar la energía necesaria para la vida, o demasiado calientes, y por lo tanto su duración será demasiado breve como para dar a la vida el tiempo necesario para su evolución. Algunos pueden girar alrededor de estrellas que forman parte de sistemas múltiples, o de estrellas pulsátiles, o bien de estrellas que por otras razones hagan demasiado inadecuado el medio ambiente.

Incluso teniendo en cuenta todo lo anterior, haciendo estimaciones razonables a partir de los datos astronómicos de comienzos de la década de 1960, Dole concluyó que debe haber tanto como 640 millones de planetas semejantes a la Tierra -planetas que tengan aproximadamente la masa de la Tierra, la temperatura de la Tierra y la química de la Tierra: y que tengan una órbita parecida a la terrestre y un sol parecido al nuestro- en nuestra Galaxia.

Ésta no es una estimación demasiado generosa, ya que significa que sólo un cuerpo planetario de cada cuatro mil es apropiado, y que sólo una estrella de cada 210 tiene un planeta parecido a la Tierra.

Pero quizá sea demasiado generosa si tenemos en cuenta las novedades astronómicas de la última década. Puesto que cerca del noventa por ciento de las estrellas de nuestra Galaxia se encuentran en el núcleo galáctico, también deben hallarse en esa región el noventa por ciento de los planetas semejantes a la Tierra, si suponemos que la distribución es pareja.

Pero los núcleos de las galaxias pueden ser regiones de actividad muy violenta -cuasares, explosiones, agujeros negros, etc.- y es posible que las condiciones de tranquilidad que se requieren para que un planeta sea verdaderamente parecido a la Tierra sólo se den en los brazos espirales de una galaxia (donde nos encontramos). En cuyo caso quizá podamos estimar en 64 millones el número de planetas semejantes a la Tierra en nuestra Galaxia.

Sin embargo, cuantos más planetas parecidos a la Tierra haya, tanto mejor será la posición de quienes defienden la existencia de los platillos volantes, de modo que vamos a ser generosos y a mantener aquel número mayor de 640 millones.

Según las teorías corrientes sobre el origen de la vida, todo planeta que tenga un medio ambiente similar al de la Tierra deberá desarrollar la vida inevitablemente. O sea que afirmamos que puede haber 640 millones de planetas con alguna forma de vida en nuestra Galaxia... y además con una vida más o menos como la que conocemos.

Ahora llegamos al punto en el que la especulación es más débil. ¿En cuántos de estos planetas con vida se desarrolla una especie inteligente, y en cuántos de ellos logra la especie inteligente construir una civilización?

La única cosa de que podemos valernos para empezar es la misma Tierra, el único planeta con vida que realmente conocemos. Sobre la Tierra la vida ha existido durante tres mil millones de años y la civilización ha venido existiendo durante un máximo de diez mil años. Esto quiere decir que la etapa no civilizada de la Tierra supera a la civilizada por 300.000 a 1.

Si suponemos que la Tierra es el promedio y que esto vale como regla general, y que la vida se ha iniciado en distintos instantes para lugares diferentes, podemos suponer que existe la civilización en uno de cada 300.000 planetas con vida. En ese caso tenemos en nuestra Galaxia cerca de 2.150 civilizaciones.

En lo que respecta a civilizaciones *industriales*, sólo hemos tenido una durante doscientos de nuestros diez mil años de civilización. En otras palabras, nuestra civilización preindustrial supera a nuestra etapa de tecnología industrial por 50 a 1.

Si suponemos que una de cada cincuenta civilizaciones de nuestra Galaxia ha alcanzado la etapa industrial, entonces hay unas 43 civilizaciones industriales en nuestra Galaxia.

Si además suponemos que nuestra propia tecnología industrial está cerca del promedio, como suele hacerse, entonces la mitad de dichas civilizaciones industriales -digamos 2l- son más avanzadas que la nuestra y tal vez sean capaces de realizar viajes espaciales.

Esto es así solamente en nuestra Galaxia. Si este tipo de razonamiento es válido para todas las galaxias, entonces tal vez haya tanto como dos billones de civilizaciones avanzadas en el Universo. Pero supongo que aun el entusiasta más convencido de los platillos volantes estará de acuerdo en eliminar a otras galaxias como lugar de origen de nuestros visitantes, y que aceptará limitarse solamente a nuestra propia Galaxia. Con lo cual todavía nos quedarían veintiuna civilizaciones posibles que andarían vagando por los inmensos corredores del espacio, y con seguridad ese número es suficiente para explicar los platillos volantes, si es que los platillos volantes son naves espaciales.

3) Muy bien, entonces, ¿por qué es usted tan escéptico acerca de la posibilidad de que haya naves espaciales conducidas por inteligencias extraterrestres que visiten la Tierra?

Por una parte me preocupan las distancias. Imaginemos que los 640 millones de planetas con vida estén distribuidos al azar por toda la Galaxia. Entonces estarían separados, en promedio, por cerca de 45 años luz de distancia. Los veintiún planetas que cuentan con civilizaciones industriales avanzadas estarían separados, en promedio, por distancias de 13.500 años luz.

Si el planeta más próximo que cuenta con platillos volantes esta a 13.500 años luz de distancia, la probabilidad de que nos visite parece ser pequeña.

Puesto que la velocidad de la luz es la velocidad límite a la cual se nos puede acercar una nave espacial, la que se nos acerque desde la civilización avanzada más cercana tardará 13.500 años (medidos en la escala doméstica de tiempo de su planeta de origen) para llegar hasta aquí y, con gran probabilidad, podrá tardar diez veces más. En esas circunstancias, me parece dudoso que año tras año haya naves, unas tras otras, zumbando en nuestro derredor como las abejas alrededor del trébol. No podemos ser tan interesantes ni tan importantes.

4) Pero suponga que acertamos a tener suerte en lo que respecta a la distancia desde la civilización avanzada más próxima. Además, ¿por qué está usted tan seguro de que la velocidad de la luz es el límite último?

Yo no insisto en ser categórico sobre semejantes cosas. Suponiendo que la distribución está hecha al azar algunas civilizaciones avanzadas pueden estar agrupadas, y otras terriblemente aisladas. Bien puede suceder que la Tierra sólo esté a cien años luz de distancia de una civilización muy avanzada. Esto sería tremendamente improbable, pero no hay ninguna evidencia a favor o en contra, *y puede* ser que así suceda.

Además, aun en el caso que los centros originales de las civilizaciones estén muy, muy separados, y que ninguno esté especialmente cerca de nosotros, cada centro *puede* ser el núcleo de un Imperio Galáctico creciente, y puede haber avanzadas de algún Imperio en alguna de las estrellas más cercanas. Tampoco hay ninguna evidencia en este sentido, pero *puede* ser que así suceda.

También es posible que una civilización avanzada pueda aprender a violar el límite de la velocidad de la luz, sin violar la relatividad. Quizá puedan aprender a utilizar el hiperespacio, o alguna forma de impulso taquiónico[1] u otra cosa que nosotros, en el nivel inferior en que se encuentra nuestra propia tecnología, no podemos poner en palabras por carecer de los conceptos necesarios. En realidad esto no parece muy probable, pero *puede* ser que así suceda.

Tal vez entonces la distancia carezca de importancia para las civilizaciones avanzadas. Quizá puedan recorrer 100 años luz o incluso 13.500 años luz con la misma facilidad con que nosotros podemos volar a través del Océano Atlántico.

5) Pero si todo esto es así, ¿cuáles son sus objeciones al concepto de platillos volantes? ¿Por qué no es posible que haya naves explorando la Tierra con frecuencia y con toda libertad?

Si pasamos por alto la cuestión de las distancias, todavía nos queda la de los motivos. Si dichos holandeses errantes están zumbando alrededor de la Tierra deliberadamente y con algún motivo racional, debe ser porque la Tierra les interesa. Pero, ¿qué puede haber sobre la Tierra que les puede interesar?

Es natural (si bien algo ególatra) suponer que para cualquier extraño la cosa más interesante que hay en la Tierra es el hombre y su civilización. Pero si los platillos volantes nos están investigando, ¿por qué no bajan y vienen a nuestro encuentro? Deberían ser lo bastante inteligentes como para darse cuenta de quiénes son nuestros representantes, dónde

[1] N. del T.: Taquiónico es un término figurado que implica un empuje ultrarrápido por medio de iones (taqui = rápido).

están nuestros centros de población y cómo hacer para establecer contactos con nuestros gobiernos.

Tampoco es concebible que puedan tener miedo de nosotros. Si su tecnología es tal que pueden recorrer distancias de muchos años luz sin dificultades, entonces pueden protegerse fácilmente contra cualquiera de las armas ridículas que podamos apuntar contra ellos. ¿Acaso un buque de guerra norteamericano no se atrevería a desembarcar un grupo de exploración en una isla ocupada por chimpancés?

Si hay algo en nuestra atmósfera o en nuestra superficie que .puedan encontrar mortífero o simplemente desagradable, seguramente son lo bastante inteligentes como para comunicarse con nosotros empleando algún medio de transmisión a larga distancia...la radio, aunque más no sea. No necesariamente usarán palabras ni un idioma, pero siempre podrán recurrir a alguna señal que delate por sí misma su origen racional.

Por otra parte, si están interesados en nosotros pero no desean establecer contacto -si no desean interferir de ninguna manera con una civilización en desarrollo-, entonces ciertamente son lo bastante inteligentes y avanzados como para poder estudiarnos con todo el detenimiento que quieran, sin permitir que jamás lo notemos. Al permitirnos notar su presencia, están interfiriendo con nosotros.

¿Y si no es el hombre, sino otra cosa lo que les interesa?... No, en ese caso bajarían a saludar, o bien se irían. Si no hacen ninguna de estas dos cosas no se trata de naves guiadas por seres inteligentes.

6) Pero ¿cómo puede usted estar seguro de que entiende sus motivos? Tal vez no tengan interés en comunicarse con nosotros pero tampoco les preocupe si los vemos.

Ah, pero si sigue usted acumulando las condiciones que necesita para mejorar su defensa, muy pronto va a alcanzar el punto en que se vuelve totalmente inconvincente.

Para deshacerse del problema de las distancia usted debe *suponer* que hay por lo menos una civilización improbablemente cercana a nosotros, y también debe *suponer* que han logrado viajar a velocidades mayores que la de la luz. Para deshacerse del enigma de su comportamiento debe usted *suponer* que encuentran a la Tierra lo bastante interesante como para molestarnos con frecuencia, pero a nosotros nos hallan tan faltos de interés que ni siquiera nos hablan mientras que, por otra parte, no les importa si los vemos.

Cuantas más suposiciones de esta clase deba usted hacer, tanto más débil será su defensa.

En realidad ninguna de estas suposiciones tienen ninguna clase de respaldo. La única función que cumplen es la de explicar los platillos volantes. Entonces uno puede emplear a los mismos platillos volantes para afirmar que las suposiciones deben ser correctas. Esto es razonar en círculos, que es uno de los deleites preferidos de los menos inteligentes.

7) Pero, esperen, no hay duda de que existen claras evidencias de que los platillos volantes son naves espaciales. Hay numerosos informes de gente que ha visto a las naves espaciales y a sus tripulantes extraterrestres. Algunos llegan a sostener que han estado a bordo de las naves. ¿Ha investigado usted dichos informes? De no ser así, los descarta usted de inmediato como carentes de valor?¿Qué justificación tiene usted para hacer eso?

No, no he investigado ninguno de esos informes. Ni uno solo.

Mi justificación para descartarlos de inmediato es que el testimonio ocular producido por un pequeño número de personas y no corroborado por ningún otro tipo de evidencia carece de valor por completo. No hay ninguna creencia mística que no esté apoyada por numerosos testimonios oculares.

Hay testimonios oculares (según informan los fanáticos) acerca de ángeles, fantasmas, espíritus, levitación, hombres-lobos, clarividencia, hadas, serpientes de mar, telepatía, abominables hombres de las nieves, etcétera, etcétera, etcétera.

No me voy a meter en la ciénaga y creer todas esas cosas basándome solamente en testimonios oculares; y así como no pienso hacerlo, no voy a creer tampoco en naves espaciales con forma de platillo volante. Quiero algo menos expuesto a la distorsión y al engaño deliberado que un testimonio ocular.

Quiero algo que sea sustancial y duradero, algo que muchos puedan estudiar. Quiero una aleación que no haya sido fabricada sobre la Tierra. Quiero un aparato que haga algo que no entendamos en absoluto. O mejor, quiero una nave y su tripulación a simple vista, dándose a conocer a seres humanos que sean competentes para observarlos y estudiarlos por un período de tiempo razonable. Estas informaciones sobre apariciones ante granjeros en un pantano o conductores de automóviles en caminos solitarios, simplemente no me impresionan. Tampoco me impresionan las descripciones de las naves y de sus interiores, que son lo que yo podía esperar de profanos de la ciencia que han visto películas de "ciencia-ficción" no menos profanas.

8) Pero, ¿de qué otra manera puede *usted explicar todos los informes acerca de platillos volantes, si ha de descartar las naves* espaciales?

Allí esta el bien conocido aforismo de Sherlock Holmes que dice: "Cuando usted ha eliminado todo lo que es imposible, lo que queda, por improbable que sea, debe ser cierto." Esta es una gran falsedad, pues presupone que después de eliminar lo imposible uno se queda con *un* solo factor. Pero, ¿cómo puede uno saberlo?

Esta interpretación incorrecta ha surgido de las matemáticas. En matemáticas podemos organizar nuestras definiciones y axiomas de manera tal que nos quedamos con un número pequeño de factores y nada más, y conocemos cada uno de esos pocos factores. En ese caso, si eliminamos todos menos uno, el restante debe ser verdadero (siempre que demostremos que no es posible que *ninguno* sea verdadero).

Esto no se aplica a las ciencias experimentales u observacionales, donde el número total de factores puede ser indefinido, y donde es posible que no todos sean conocidos.

Si los platillos volantes son naves espaciales, ello debe ser demostrado por medio de evidencias inequívocas. Jamás podrá demostrarse clamando: "Pero, ¿qué otra cosa pueden ser?"

9) Usted personalmente, ¿ qué cree que son los platillos volantes?

Mi impresión personal es que casi todas las observaciones son errores o engaños. Muchas son tan confusas e incompletas que no hay lugar para decidir qué pueden ser en realidad.

Me han dicho que hay algunos informes (una minoría muy pequeña del total) que parecen no ser ni errores ni engaños; que han sido verificados por observadores atentos y confiables; y que no se los puede explicar empleando ninguna interpretación corriente.

10) Muy bien, aténgase entonces a esos informes Si no son naves espaciales, ¿qué son?

No lo sé. No tengo por qué saberlo. El Universo esta lleno de misterios para los cuales carezco de respuesta. El hecho de preguntarme a mí y que no pueda contestar no prueba nada.

Vean, tal vez ustedes no sepan cómo se llamaba el decimoquinto presidente de los Estados Unidos. Si yo digo que su nombre era Jerome Jameson, el hecho de que ustedes no sepan nada que se oponga a esto no demuestra que yo tenga razón.[1]

Pero consideremos a Joseph Allen Hynek, un astrónomo norteamericano muy respetado a quien conozco personalmente y de quien puedo atestiguar que es un hombre honesto e inteligente que ha producido trabajos científicos esmerados.

Hynek no está dispuesto a descartar los informes sobre platillos volantes de un plumazo, como lo hacen la mayoría de los astrónomos (y como lo hago yo mismo generalmente). Él prefiere examinarlos cuidadosamente, y lo está haciendo. No es una cosa fácil de hacer. Estos informes están tan enredados por engaños y los fanáticos de los platillos volantes cuentan entre sus filas tantos chiflados, maniáticos y anormales, que Hynek corre permanentemente el riesgo de dañar inocentemente su reputación si se lo confunde con ellos. Sin embargo, su interés en estos informes extraños y su creencia en la importancia de los mismos son lo bastante altos para que acepte el riesgo, por todo lo cual yo lo respeto.

Hynek no cree que los informes tengan que ver con naves espaciales extraterrestres. Él no tiene ninguna explicación que pueda darnos acerca de dichos informes.

Para él, el tema de discusión son los OVNIS, objetos voladores no identificados.

Lo que dice Hynek es que allí hay algo: algo que no se puede explicar dentro de los límites de la estructura convencional de la ciencia; y en consecuencia algo que no debería ser ridiculizado ni descartado, sino estudiado cuidadosa y exhaustivamente.

Él cree que las manifestaciones que no pueden ser explicadas representan algo tan nuevo para la ciencia que cuando se las resuelva se logrará un progreso enorme: un salto cuántico, como lo denomina.

Esto ha ocurrido antes. El misterio de los resultados negativos en la experiencia de Michelson-Morley condujo al salto cuántico que constituyó la relatividad. Las paradojas de la radiación del cuerpo negro condujeron al salto cuántico de la misma teoría cuántica. Por lo tanto puede suceder que el enigma de los OVNIS nos lleve... ¿quién sabe a qué?

Es una idea fascinante. Hynek casi me convence.

11) ¿Hynek tiene alguna teoría sobre esto? ¿Hacia dónde cree que se dirige la ciencia?

Por lo que yo sé, hasta ahora él ha dejado esto completamente en blanco. Ha dedicado una gran cantidad de tiempo a verificar informes, a clasificarlos y a buscar factores que puedan tener en común distintas clases de informes, pero después de terminar con todo eso tiene en sus manos un enigma para el cual no posee la respuesta.

12) ¿Qué es lo que hace tan difícil hallar una respuesta a este problema?

La forma científica de atacar los enigmas del Universo funciona bien cuando el sistema que se estudia se encuentra a mano para la observación y la experimentación. Casi siempre tenemos a mano el planeta Marte para su estudio mediante el telescopio. Casi siempre podemos disponer de un corazón de tortuga para la experimentación.

El ataque científico también funciona bien cuando uno puede montar experimentos simples que uno mismo puede entender, aunque sea sólo de una manera general. Aunque usted no comprenda la razón subyacente que hay detrás de la caída de unas bolas, igualmente puede disponer de cualquier número de bolas que caerán bajo condiciones controladas, y puede estudiar los resultados.

---

[1] N. del T.: El decimoquinto presidente de los Estados Unidos fue James Buchanan. Jerome Jameson no figura en la nómina de presidentes.

Ahora deténgase a pensar en esos informes relativamente escasos sobre OVNIS que no son ni errores ni mentiras y que constituyen genuinos enigmas. Dichos fenómenos OVNIS aparecen de manera inesperada, sin anuncio previo y con suma irregularidad en el espacio y en el tiempo. No hay forma de tenderles una trampa, a menos que se monte un sistema mundial de control que sería terriblemente costoso.

Cuando se produce un fenómeno OVNI es posible que nadie lo presencie; o puede ser que sólo sea visto en parte por uno o unos pocos individuos que sean tomados por sorpresa y que posiblemente no tengan ninguna posibilidad de hacer observaciones cuidadosas, ni dispongan de otro equipo que no sean sus propios ojos. Lo que resulta es un semirrecuerdo anecdótico de algo semivisto.

Además, cada vez que aparece una información de este tipo se la reproduce ampliamente en los diarios y ello significa que de inmediato termina por ir a enterrarse junto con incontables informaciones semejantes repetidas por gente tan honesta como cándida, por ansiosos buscadores de publicidad y por mentirosos de mente enfermiza.

En esas condiciones no es nada sorprendente que Hynek no pueda encontrar fácilmente la solución. No me sorprendería si sucediese que ni Hynek ni ningún otro pudieran encontrar una solución...¡jamás!

Y un último punto. Me temo que el presentimiento de Hynek de que la solución del problema hará dar un salto cuántico a la ciencia es sólo una *creencia* suya. No lo condeno por su entusiasmo; yo mismo tengo diversos entusiasmos: pero al entusiasmo hay que reconocerlo como lo que es y no confundirlo con la evidencia.

Yo mismo sospecho (y es sólo una sospecha) que si se sometiera a una investigación exhaustiva a cada uno de los informes más misteriosos sobre OVNIS, entonces cuanto más se fuera descubriendo sobre el mismo, tanto menos misterioso parecería. Creo que si se entendieran completamente todos los informes sobre OVNIS, todos ellos resultarían ser algo que forma parte de la actual estructura de nuestra ciencia o que, en el mejor de los casos, constituye una corrección o una extensión de dicha estructura que es interesante pero no muy importante. Sospecho que la solución del problema OVNI podría agregar muy poco a la ciencia, o tal vez absolutamente nada.

Si yo estoy equivocado y Hynek tiene razón me voy a sentir feliz, pues Hynek me gusta y voy a estar encantado de ver que la ciencia progresa... pero no puedo obligarme a mí mismo a aceptar algo sólo porque me gustaría aceptarlo. Solamente tengo que aceptar lo que me parece que tiene sentido.

XVI. EL MEJOR PASO ATRÁS

Cada vez me siento más abatido, pues creo que me estoy quedando solo en esto de defender los bastiones de la ciencia contra las embestidas de los nuevos bárbaros. Por ello, aunque pueda repetir trozos y fragmentos de frases que ya he empleado en artículos anteriores, me gustaría dedicar el que sigue por completo a dicha defensa, y les advierto que la misma habrá de ser completamente intransigente.

Artículo 1º). Usted pensará que en una publicación como el *New Scientist*, un excelente semanario británico que está dedicado a artículos sobre el progreso científico, no debe haber lugar para imbecilidades anticientíficas... ¡Pero no es así!

En el número del 16 de mayo de 1974, uno de los autores de temas especiales de la revista que se embarcó en una defensa bastante incoherente de Velikovsky, vino a decir: “En su carrera de doscientos años la ciencia ha producido algunos bonitos juguetes como los alimentos enlatados y los discos de larga duración pero, sinceramente, ¿qué otras cosas de verdadero valor ha brindado que se puedan disfrutar en los setenta años de la vida de un hombre?”

De inmediato escribí una carta en la que decía, en parte: “...una cosa que usted puede considerar de verdadero valor *son los setenta* años de vida del hombre... Durante la mayor parte de la historia habían sido más bien treinta. ¿Tenemos derecho a un poquito de gratitud de su parte por estos cuarenta años más de vida que usted tiene la posibilidad de disfrutar?”

La carta fue publicada y, en un abrir y cerrar de ojos, en el número del 11 de julio de 1974, cayó una descarga de un caballero de Herefordshire a quien llamaré B. Aparentemente, él creía que la vida más prolongada tenía sus desventajas, ya que por ejemplo contribuía a la explosión demográfica. Decía también: “...aquellas épocas oscuras que el Sr. Asimov menciona, que tenían una esperanza de vida de mucho menos de setenta años lograban así y todo producir Chartres, Tintern, o un Rafael y un Shakespeare. ¿Cuáles son los equivalentes contemporáneos?... ¿Centre Point, Orly, Andy Warhol y la Ciencia-Ficción?”

Al notar el golpe que propinaba a la ciencia-ficción y adivinando a quién pensaba hacer sangrar, me sentí justificado para sacarme los guantes de terciopelo. En mi respuesta dije, en parte: “B. pasa a señalar que los hombres de corta vida de los siglos que pasaron han producido grandes obras de arte, literatura y arquitectura.¿B. encuentra en esto una rara coincidencia, o sostiene que el progreso cultural del pasado tuvo lugar *debido a que* los hombres vivían pocos años?

“Si en verdad B. está resentido por la extensión de las esperanzas de vida que la ciencia ha hecho posible, y la encuentra destructiva para la humanidad, ¿qué sugiere? Al fin y al cabo no sería difícil abandonar los progresos de la ciencia, permitiendo que las cloacas se mezclen con nuestras aguas potables, evitando la cirugía antiséptica, rechazando los antibióticos, para así poder presenciar cómo la tasa de mortalidad asciende hasta un nivel que habrá de producir rápidamente otro Shakespeare (si seguimos la línea de razonamiento de B.).

“¿Acaso B. vería esto con buenos ojos, o quizá recomendaría que se apliquen los beneficios de una tasa de mortalidad más elevada solamente a los oscuros paganos de otras regiones, a las razas inferiores de piel más oscura cuya tasa de mortalidad más elevada, al acelerarse, haría del globo un lugar más confortable para los hombres de Herefordshire? ¿O acaso su sentido rígido de la imparcialidad lo hará recomendar que todas las naciones, inclusive la suya, participen en un esfuerzo tan noble? En verdad, ¿intentará él mismo dar el ejemplo rehusándose con valentía y nobleza a que la ciencia prolongue su propia vida?”

“¿De hecho, ¿no se le ocurrió a B. que una respuesta a la explosión demográfica que ha sido posible por el progreso de la ciencia y de la medicina, consiste en disminuir la tasa de natalidad? O por ventura ¿acaso encuentra que la disminución de la tasa de natalidad repugna

a su sentido de la moral, y casi prefiere el encanto de las pestes y hambrunas como remedio contra la superpoblación?”

Esta carta también fue publicada y no tuvo respuesta.

Artículo 2º) A veces recibo cartas personales que expresan la insatisfacción del individuo con el mundo moderno de la ciencia y la tecnología, exigiendo una pronta retirada, el mejor paso atrás hacia un mundo preindustrial donde reinen la nobleza y la felicidad.

Por ejemplo, recientemente llegó una carta de un profesor de no sé qué materia, que se había comprado una granja y estaba cultivando sus propios alimentos. Me decía con júbilo lo lindo que era eso y lo feliz y saludable que se sentía, ahora que se había liberado de toda aquella maquinaria horrible. Admitía seguir usando un automóvil, pero se disculpaba por hacerlo.

Pero no se disculpaba por el hecho de haber usado una maquina de escribir, ni porque la carta me hubiera llegado por medio de nuestro moderno sistema de transportes. Tampoco se disculpaba por emplear lámparas eléctricas o un teléfono, de modo que supongo que leería a la luz de un hogar de leña y enviaría mensajes por medio de un semáforo.

Yo le contesté simplemente con una tarjeta amable en la que le deseaba toda la felicidad de los campesinos medievales, y que esto provocó una respuesta bastante enojada que incluía una reseña desfavorable de mi libro *El “Paraíso Perdido” comentado por Asimov.* (Ah, sí, ahora lo recuerdo, era un especialista en Milton y creo que se oponía a mi invasión de los recintos sagrados.).

Artículo 3º). Una vez, durante la sesión de preguntas y respuestas que siguió a una de mis charlas, un joven me preguntó si francamente yo creía que la ciencia había hecho algo por aumentar la *felicidad* del hombre.

-¿Cree usted que sería tan feliz si hubiera vivido en los días de la Antigua Grecia? -pregunté yo.

-Sí -respondió con firmeza.

-¿Cómo lo pasaría usted si fuera un esclavo en las minas de plata atenienses? -pregunté con una sonrisa, y él se sentó para pensar un poco acerca de eso.

O fíjense en la persona que me dijo una vez:

-Qué agradable sería si pudiéramos vivir como hace cien años, cuando era fácil conseguir sirvientes.

-Sería horrible -dije yo enseguida.

-¿Por qué? -fue la respuesta atónita.

Y dije, con mucho realismo:

-Nosotros seríamos los sirvientes.

A veces me pregunto si la gente que denuncia al mundo moderno de la ciencia y la tecnología es precisamente la que siempre ha tenido un buen pasar y ha vivido cómodamente, y que da por sentado que si no existieran las máquinas habría mucha gente (otra gente) que las reemplazaría.

Puede que sean aquellos que nunca han trabajado quienes estén perfectamente preparados para reemplazar la maquinaria por la fuerza muscular (no la de sus propios músculos). Sueñan con construir la Catedral de Chartres... como arquitectos, y no como campesinos reclutados para arrastrar piedras. Fantasean sobre la vida en la antigua Grecia... poniéndose en el lugar de Pericles y no de los esclavos. Añoran la Vieja Inglaterra y su cerveza de color castaño... como barones normandos y no como siervos sajones.

En realidad me pregunto qué porción de la resistencia de las clases altas a la tecnología moderna se origina en un disgusto petulante por el hecho de que tantos de los que forman parte de la escoria de la sociedad (como yo, por ejemplo) ahora manejen automóviles, tengan

lavadoras automáticas y miren la televisión, reduciendo así la diferencia entre la citada escoria y los distintos aristócratas ilustrados que se quejan de que la ciencia no ha traído la felicidad a nadie. Es que los ha despojado de fundamentos para su amor propio, no cabe duda.

Hace algunos años había una revista llamada *Intellectual Digest,* que era publicada por una gente muy buena, pero que lamentablemente no sobrevivió más que un par de años. En ella habían publicado algunos artículos denunciando a la ciencia, y creyeron que tal vez debían publicar un artículo apoyando a la ciencia... y me pidieron a mí que escribiera uno.

Lo hice, me lo compraron y me lo pagaron... Y nunca lo publicaron. Yo sospecho (pero no estoy seguro) que creyeron que ofendería a su clientela que debe haber estado formada, en su mayor parte, por miembros de esa clase de intelectualismo blando que cree que es propio de sabios no saber nada sobre la ciencia.

Ese público quizás estaba impresionado por un artículo de Robert Graves que fue reimpreso en el número de abril de 1972 del *Intellectual Digest* y que parecía defender el control social de la ciencia.[1]

Graves es un clasicista educado en las tradiciones de la clase alta británica de los años anteriores a la Primera Guerra Mundial. Estoy seguro de que sabe mucho más acerca del helenismo precristiano que sobre la ciencia de la era postindustrial. lo que lo convierte en una autoridad dudosa sobre el tema del descubrimiento científico, pero he aquí lo que dice:

"En la Antigüedad el uso de los descubrimientos científicos era custodiado celosamente por razones de índole social... cuando no lo hacían los propios científicos lo hacían sus gobernantes. Así, la máquina de vapor inventada en el Egipto de Tolomeo para bombear agua hasta la punta del famoso faro de la isla de Faros fue abandonada al poco tiempo, aparentemente porque estimulaba la pereza en los esclavos que antes subían cubos de agua por las escaleras del faro."

Por supuesto que esto es puro disparate. La "máquina de vapor" inventada en el Egipto de Tolomeo, era un minúsculo juguete que no pudo haber bombeado agua ni siquiera a unos centímetros de altura, y mucho menos a la punta del faro.

Pero no nos preocupemos por eso. La fábula didáctica de Graves es verdadera en esencia, aunque sea falsa en sus detalles. La Era Helenística (entre -330 y -323) ciertamente presenció los comienzos rudimentarios de una especie de era industrial, y el hecho que este progreso se haya frenado de golpe puede haberse debido, por lo menos en parte, a que la oferta de mano de obra esclava era tan abundante que no había gran demanda para las máquinas.

En realidad, incluso es posible ofrecer un argumento humanitario en contra de la industrialización, puesto que si las máquinas reemplazaran a los esclavos, ¿que tendría que hacer uno con todos los esclavos que sobrarían? ¿Dejarlos morir de hambre? ¿Matarlos? (¿Quién dijo que los aristócratas no son humanitarios?)

Es así como Graves y otros como él parecen señalar que el control social de la ciencia en la Antigüedad estaba destinado a la preservación de la esclavitud.

Pero, ¿es esto lo que queremos? Los idealistas de la anticiencia, ¿habrán de marchar valientemente al combate bajo el estandarte de "Arriba la Esclavitud"? O, ya que la mayoría de los idealistas de la anticiencia se consideran a sí mismos artistas, hacendados, filósofos o lo que sea, y nunca esclavos, ¿el estandarte debería decir "Viva la Esclavitud para Los Otros"?

Por supuesto que algún pensador sagaz puede refutar esto señalando que el tipo de vida en las fábricas que ha sido hecho posible por la tecnología moderna no es mejor que la suerte de los esclavos de la Antigüedad. Tales argumentos se emplearon antes de la Guerra de la Secesión, por ejemplo, para denunciar la hipocresía de los abolicionistas norteños.

---

[1] N. del A.: Yo también estoy a favor, siempre que el control sea ejercido por gente que sepa algo de ciencias.

Este no es un argumento tan tonto, pero yo dudo que haya existido ni un solo obrero de alguna fábrica de Massachusetts que pueda haber aceptado trabajar como peón de una granja para negros de Mississipi, por creer que las dos ocupaciones eran equivalentes... Tampoco creo que haya habido ningún peón de una granja negra del Mississipi que pueda haber rechazado una proposición para trabajar como obrero en Massachusetts por creer que esta ocupación no ofrecía ninguna ventaja sobre la esclavitud.

John Campbell, el finado editor de *Analog Science Fiction,* solía ir más lejos. Él creía (o simulaba creer) que la esclavitud tenía sus cosas buenas y que todos eran esclavos de alguna manera. Solía decir:

-Tú eres un esclavo de tu máquina de escribir, ¿no es cierto, Isaac?

-Sí que lo soy, John -respondía yo-, si es que quieres emplear el término como metáfora para mi caso, y como realidad para el caso de un negro de los campos de algodón de 1850.

Él decía:

-Tú trabajas las mismas horas que los esclavos, y no te tomas vacaciones.

Yo decía:

-Pero no hay ningún capataz, parado detrás de mí con un látigo en la mano, para *asegurarse* de que no me vaya a tomar vacaciones.

Nunca logré convencerlo, pero estoy seguro de que me convencí a mí mismo.

Hay gente que sostiene que la ciencia es inmoral, que no hace juicios de valor, que no solamente se desentiende de las necesidades más hondas de la humanidad, sino que se mantiene completamente ajena a las mismas.

Fíjense en las opiniones de Arnold Toynbee quien, como Graves, es un inglés de clase alta cuya formación transcurrió antes de la Primera Guerra Mundial. En un artículo aparecido en el número de diciembre de 1971 del *lntellectual Digest* decía: “Es mi convencimiento que la ciencia y la tecnología no pueden satisfacer las necesidades espirituales que intentan cubrir todas las religiones, del tipo que sean.”

Por favor, noten que Toynbee es lo bastante honesto como para decir “intentan”.

Pues bien, ¿qué prefiere usted, una institución que no se dedique a los problemas espirituales pero que los resuelva de algún modo, o una institución que hable sobre los problemas espirituales constantemente pero que nunca haga hada para resolverlos? En otras palabras, usted, ¿quiere hechos o palabras?

Analicemos la cuestión de la esclavitud humana. Seguramente éste es un problema que debería preocupar a todos aquellos que estén interesados en las necesidades espirituales de la humanidad.

¿Es correcto, es justo, es moral que un hombre sea amo, y que otro sea esclavo? Por cierto que ésta no es una pregunta para un científico, ya que no es cuestión que se pueda resolver estudiando reacciones en probetas ni observando el movimiento de agujas en el dial de un espectrofotómetro. La pregunta está destinada a los filósofos y a los teólogos, y todos sabemos que disponen de tiempo suficiente para analizarla.

Durante toda la historia de la civilización, hasta llegar a la Edad Moderna, la riqueza y la prosperidad de un número relativamente pequeño de personas se han construido sobre los cimientos de la existencia miserable y del trabajo propio de animales de campesinos, siervos y esclavos. ¿Qué han opinado sobre ello nuestros líderes espirituales?

En nuestra civilización occidental, por lo menos, la fuente principal de ayuda espiritual es la Biblia. Recorran entonces la Biblia, desde el primer versículo del Génesis hasta el último versículo del Apocalipsis, y no van a encontrar ni una sola palabra de condenación a la esclavitud como institución. Hay multitud de generalizaciones sobre el amor y la caridad, pero ninguna sugerencia práctica sobre la responsabilidad gubernamental hacia los pobres y los desventurados.

Recorran todos los escritos de los grandes filósofos del pasado y no encontrarán ni un murmullo de condenación contra la esclavitud como institución. Para Aristóteles, parecía estar bien claro que hay personas que por su temperamento están preparadas para ser esclavos.

Por cierto que ocurría todo lo contrario. Los conductores espirituales se reunían con frecuencia para apoyar a la esclavitud como institución, ya fuera directa o indirectamente. Estaban aquellos que, sin quererlo, justificaban el secuestro por la fuerza de negros africanos que se iban a convertir en esclavos americanos, pues decían que de ese modo se convertirían al cristianismo, y que la salvación de sus almas compensaba con creces la esclavitud de sus cuerpos.

Además, cuando la religión satisface las necesidades de los esclavos y los siervos asegurándoles que su condición terrenal es la voluntad de Dios y prometiéndoles una vida de eterna bienaventuranza después de la muerte, si no cometen el pecado de rebelarse contra la voluntad de Dios, ¿quién se beneficia más? ¿Acaso lo hace el esclavo cuya vida se hace más soportable en la contemplación del Cielo? ¿O el amo, que tiene que preocuparse mucho menos por mejorar la dura suerte de los oprimidos, y que tiene menos motivos para temer una rebelión?

¿Cuándo, pues, se empezó a reconocer a la esclavitud como un ultraje tan atroz como injustificable? ¿Cuándo se puso fin a la esclavitud?

Pues fue con los albores de la Revolución Industrial, cuando las máquinas empezaron a reemplazar a los músculos.

Y en el mismo aspecto, ¿cuándo empezó a ser posible la democracia en gran escala? Cuando los medios de transporte y de comunicación de la era industrial hicieron posible el funcionamiento del mecanismo de una legislatura representativa de áreas muy extensas, y cuando la inundación de artículos baratos de todas clases, hechos a máquina, convirtió a las “clases inferiores” en consumidores valiosos que merecían que se los tratara con ternura.

Y, ¿qué le parece qué ocurriría si ahora nos apartáramos de la ciencia? ¿Qué sucedería si una generación joven y noble abandonara el materialismo de una industria que parece preocuparse por las cosas en lugar de las ideas y, dando el mejor paso atrás, volviera a un mundo en el que todos clamen por el amor y la caridad?

Pues sucedería que sin la maquinaria de nuestra industria materialista, retrocederíamos inevitablemente a una economía de esclavos y podríamos usar el amor y la caridad para mantener en calma a los esclavos.

¿Qué es mejor? ¿La ciencia inmoral que puso fin a la esclavitud, o la espiritualidad que no lo hizo en miles de años de palabrerío?

Pero la esclavitud no es la única cosa que podemos recordar. En la era preindustrial la humanidad estaba sometida al ataque constante de las enfermedades infecciosas. Ni todo el amor de los padres, ni las plegarias de los feligreses, ni las elevadas generalizaciones de los filósofos podían evitar que un niño muriera de difteria o que media nación sucumbiera ante una peste.

Fue la fría curiosidad de los hombres de ciencia, trabajando sin juicios de valor, la que aumentó y estudió las formas de vida que era invisibles para el ojo desnudo, la que descubrió la causa de las enfermedades infecciosas, la que demostró la importancia de la higiene, del agua y de los alimentos limpios, de los sistemas de desagües eficientes. Ella fue la que elaboró las vacunas, las antitoxinas, los específicos químicos y los antibióticos. Ella fue la que salvo cientos de millones de vidas.

También fueron los científicos los que ganaron la batalla contra el dolor y los que descubrieron cómo calmar la angustia física cuando no podían hacerlo ni las plegarias ni la filosofía. No hay muchos pacientes que antes de una operación reclamen consuelo espiritual como sustituto de un anestésico.

¿Acaso debemos elogiar *solamente* a la ciencia? ¿Quién puede negar las glorias del arte, de la música, de la literatura que existieron mucho antes que la ciencia? ¿Y qué puede ofrecernos la ciencia que se compare con tanta belleza?

Por una parte se puede señalar que la visión del Universo que se puede apreciar gracias al trabajo esmerado de cuatro siglos de ciencia moderna supera en mucho por su belleza y majestad (para quienes se tomen el trabajo de apreciarla) a todas las creaciones de todos los artistas humanos en conjunto, y también a todo lo imaginado por los mitólogos.

Además, es también un hecho que antes de los días de la tecnología moderna la flor y nata del arte y del intelecto humanos estaban reservadas para unos pocos, para los aristócratas y los ricos.

Fueron la ciencia y la tecnología modernas las que hicieron que los libros fueran baratos y abundantes. Fueron la ciencia y la tecnología modernas las que pusieron el arte, la música y la literatura a disposición de todos, y las que llevaron las maravillas del alma y la mente humanas hasta los más humildes.

Pero, ¿acaso la ciencia y la tecnología no nos han traído toda clase de efectos secundarios indeseables, desde el peligro de la guerra nuclear hasta la triturante contaminación sonora de las radios a transistores?

Sí, y esto no es nada nuevo. Cada progreso tecnológico, por primitivo que fuera, ha traído consigo algo indeseable. El hacha de punta de piedra proporcionó más alimentos a la humanidad... y también hizo que las guerras fueran más mortíferas. El uso del fuego dio al hombre luz, calor, más y mejores alimentos... y la posibilidad de incendios y de quemar gente en la hoguera. El desarrollo del lenguaje convirtió al hombre en un ser humano... y también creó a los mentirosos, al mismo tiempo.

Pero la elección entre el bien y el mal está en manos del hombre...

En 1847, el químico italiano Ascanio Sobrero produjo por primera vez la nitroglicerina. Calentó una gota de la misma, que explotó con estruendo. Horrorizado, Sobrero se dio cuenta de que podía usársela para la guerra y enseguida suspendió toda la investigación sobre el tema.

Por supuesto que no sirvió de nada. Otros continuaron la tarea y la nitroglicerina, junto con otros explosivos potentes, se emplearon para la guerra antes de que pasara medio siglo.

¿Significa eso que los explosivos potentes son completamente dañinos? En 1866, el inventor sueco Alfred Bernhard Nobel descubrió cómo mezclar nitroglicerina con tierra de diatomeas para producir una mezcla que era completamente segura de manejar y a la cual denominó “dinamita”. Con la dinamita se podía mover tierra con una velocidad mucho mayor que la que jamás se había logrado empleando el pico y la pala, y sin embrutecer a los hombres con trabajos forzados.

Fue la dinamita la que contribuyó al avance de los ferrocarriles en las décadas finales de siglo XIX, la que ayudó a construir diques, subterráneos, cimientos de edificios, puentes y miles de las otras construcciones en gran escala de la era industrial.

Al fin y al cabo está en el hombre mismo decidir si los explosivos deben ser utilizados para construir o para destruir. Si se escoge esto último, la culpa no es del explosivo sino de la insensatez de la humanidad.

Por supuesto que usted puede sostener que todo el bien que pueden producir los explosivos no contrapesa el daño que pueden causar. Puede afirmar que la humanidad es incapaz de elegir el bien y evitar el mal, y que, en consecuencia, debe negársele el derecho a emplear explosivos, por tratarse de un rebaño de tontos.

En tal caso retrocedamos hasta los progresos médicos que comenzaron por el descubrimiento de la vacuna por Jenner en 1798, la enunciación de la teoría de los microbios como origen de las enfermedades por Pasteur en la década de 1860, etcétera.

Esto ha duplicado la esperanza de vida media del hombre, lo cual es bueno, y ha traído consigo la explosión demográfica, que es mala.

Por lo que puedo ver, casi nadie se opone a los progresos de la medicina. Incluso hoy, cuando tanta gente se preocupa por los peligros del progreso científico y tecnológico, muy rara vez escucho ninguna protesta en contra de la investigación de las causas y la cura de la artritis, las enfermedades circulatorias, los defectos congénitos o el cáncer.

Y sin embargo la explosión demográfica es el peligro más inmediato que enfrenta la humanidad. Si evitamos la guerra nuclear, frenamos la contaminación, aprendemos a economizar los recursos naturales y progresamos en todos los campos de la ciencia, a pesar de todo seremos destruidos en algunas décadas si la explosión demográfica continúa desenfrenadamente.

De todas las locuras cometidas por la humanidad, ésta de permitir que la tasa de mortalidad descienda más rápido que la de natalidad es la peor.

Así que, ¿quién está a favor de la abolición del progreso médico y del retorno a una tasa de mortalidad elevada? ¿Quién habrá de marchar bajo el estandarte de "Arriba las Epidemias"? (Por supuesto que usted puede pensar que las epidemias no están mal en algún otro continente... pero tienen la mala costumbre de propagarse.)

Pues bien, ¿entonces tendremos que elegir? ¿Habremos de conservar los progresos médicos y otros pocos ejemplos del progreso científico y abandonar el resto de la tecnología? ¿Nos habremos de retirar a las granjas para vivir en un esplendor rural inmaculado, olvidando a las malditas ciudades y a sus máquinas?

Pero las granjas tampoco podrán tener máquinas... nada de tractores de motor, ni cosechadoras, ni enfardadoras, ni nada de eso.

No podrán tener fertilizantes sintéticos ni pesticidas, que son productos de una tecnología avanzada. Deberán arreglárselas sin máquinas para irrigación, sin diques modernos, etcétera. No podrán contar con los híbridos avanzados genéticamente que requieren cantidad de fertilizantes e irrigación... Tiene que ser de *esa* manera, o usted se volverá a enredar de nuevo con todo el mecanismo de la industrialización.

Pero en ese caso todas las granjas del mundo sólo pueden mantener a mil millones de personas sobre la Tierra, y resulta que en este mismo momento hay cuatro mil millones de personas.

Si nos vamos a convertir en un planeta de granjeros felices habrá que quitar de la faz de la Tierra no menos de tres mil millones de personas. ¿Hay algún voluntario? No es juego limpio proponer como voluntario a otro: ¿hay alguno que quiera proponerse a sí mismo como voluntario para desaparecer?... Ya lo sabía.

En el mismo artículo citado previamente en el que Toynbee hablaba de las necesidades espirituales, también decía: "La razón por la cual la ciencia tiene éxito al responder sus preguntas se debe a que dichas preguntas no son las más importantes. La ciencia no se ha ocupado de las cuestiones fundamentales de la religión o bien, cuando lo ha hecho, no les ha dado respuestas genuinamente científicas."

¿Qué quiere el profesor Toynbee? Mediante el avance de la ciencia hemos terminado con la esclavitud; hemos llevado la seguridad, la salud y la comodidad a más personas que las que jamás se pudo imaginar en todos los siglos anteriores a la ciencia: hemos puesto el arte y el ocio al alcance de cientos de millones. Todo esto es el resultado de responder preguntas que "no son las más importantes". Puede ser que así sea, profesor, pero yo soy un hombre humilde y estas cuestiones sin importancia me parecen bastantes buenas si me traen todo eso.

Y, ¿cómo ha contestado la religión a sus "preguntas fundamentales"? ¿Cuáles son las respuestas? El conjunto de la humanidad, ¿es más ético, más virtuoso, más decente y bondadoso debido a la existencia de la religión, o el estado en que se encuentra la humanidad

es más bien un testimonio del fracaso de miles de años en que solamente se habló de la bondad y de la virtud?

¿Existe algún indicio de que algún grupo de la humanidad en particular que se rija por alguna religión en especial sea más moral o más virtuoso o más decente que otros grupos de hombres que se rijan por otras religiones o, aunque sea, por ninguna religión... ya sea ahora o en el pasado? Nunca he oído hablar de ningún indicio semejante. Si la ciencia no hubiese podido presentar realizaciones mejores que las de la religión, hace tiempo que la ciencia habría desaparecido.

El Rey no tiene ropas, pero el terror supersticioso parece impedir que nadie se dé cuenta de ello.

Hagamos un resumen, entonces...

Puede ser que a usted no le guste el camino que han tomado la ciencia y la tecnología modernas, pero no hay otro.

Nómbreme cualquier problema del mundo y yo le puedo decir que, aunque es posible que la ciencia y la tecnología *no puedan* resolverlo, ninguna otra cosa podrá resolverlo. Así que la elección está en sus manos: o una victoria posible con la ciencia y la tecnología, o una derrota segura sin ellas.

¿Qué elige usted?

XVII. PENSANDO EN EL PENSAMIENTO

Acabo de regresar de una visita a Gran Bretaña (ver Capítulo V). En vista de mi antipatía hacia los viajes (que no ha cambiado) jamás había pensado que caminaría por las calles de Londres ni que estaría debajo de las piedras de Stonehenge, pero lo hice.

Por supuesto que viajé en transatlántico ida y vuelta, ya que jamás vuelo.

El viaje fue un éxito completo. Durante el cruce del océano el tiempo fue apacible: en los barcos me dieron de comer (¡ay!) hasta hartarme: los británicos fueron extraordinariamente afectuosos conmigo, aunque por cierto que les llamaba un poco la atención mi vestimenta multicolor, y con frecuencia me preguntaban qué eran mis zapatos bajos.

Fue especialmente afable conmigo Steve Odell, que era el director de publicidad de Mensa, la organización de personas con alto cociente de inteligencia que patrocinaba mi visita de alguna manera. Steve me acompañó a todas partes, me llevó a ver lugares de interés, me salvó de caer en las zanjas y bajo los automóviles, y todo el tiempo mantuvo lo que él denomina su "tradicional reserva británica".

La mayor parte de las veces me las arreglé para comprender lo que me decían, a pesar de la manera curiosa de hablar que tienen los ingleses. Pero una vez me topé con una chica que era incomprensible, y le pedí que hablara más despacio. A ella pareció divertirle que yo no lograra entenderle, cosa que yo atribuí por supuesto a su dominio imperfecto del idioma.

-Usted -le señalé- me entiende.

-Por supuesto que lo entiendo -dijo ella-. Usted habla despacio en una especie de babeo yanqui. Disimuladamente me limpié la barbilla, pero después me di cuenta que la pobrecita trataba de decir "arrastre".[1]

Pero supongo que la parte más extraordinaria del viaje (que incluyó tres conferencias, tres recepciones, innumerables entrevistas para los diversos medios de difusión y cinco horas dedicadas a firmar ejemplares en cinco librerías de Londres y de Birmingham) consistió en designarme como uno de los vicepresidentes de International Mensa.

Yo di por sentado que se me concedía dicha distinción en homenaje a mi bien conocida inteligencia, pero durante mi regreso de cinco días en *el Queen Elizabeth 2* me puse a pensar en ello y empecé a darme cuenta de que en realidad no sabía mucho sobre la inteligencia. Yo supongo que soy inteligente, pero, ¿cómo puedo saberlo?

De manera que creo que es mejor que me ponga a pensar en ello... y, ¿dónde podré hacerlo mejor que aquí, entre mis Amables Amigos y Lectores?

Una creencia muy común relaciona a la inteligencia con: 1) la acumulación fácil de elementos de conocimiento, 2) la retención de dichos elementos, y 3) la capacidad de recordar rápidamente dichos elementos, cada vez que son requeridos.

Cuando el hombre medio se enfrenta con alguien como yo mismo (por ejemplo), que exhibe todas estas características en grado abundante, se muestra dispuesto a poner el rótulo de "inteligente" a quien las posee, y le asigna un grado de inteligencia tanto mayor cuanto más impresionante es la exhibición.

Pero, con toda seguridad, esto está mal. Uno puede poseer las tres características y todavía mostrar evidencias de ser bastante estúpido y, por otra parte, uno puede ser bastante insignificante en esos aspectos y sin embargo mostrar signos inconfundibles de lo que seguramente debería considerarse como inteligencia.

---

[1] N. del T.: La inglesa usó realmente la palabra "*drool",* que significa *baba,* pero también *jerga. dialecto.* Asimov creyó que había dicho "*drawl",* que quiere decir arrastrar las palabras, pronunciar despacio.

Durante la década de 1950, los Estados Unidos estuvieron plagados de programas de televisión en los que se pagaban grandes sumas a personas que a pedido (y bajo presión) proporcionaban elementos de información más bien recónditos. Después resultó que algunos de los programas no eran del todo honestos, pero eso no viene al caso.

Los millones de personas que miraban pensaban que la gimnasia mental indicaba inteligencia.[1] El contendiente más notable fue un empleado de correos de St. Louis que, en lugar de ejercitar su pericia con una sola categoría como hacían los demás, eligió como terreno a la totalidad de los hechos reales conocidos. Puso de manifiesto su valentía en tantas oportunidades que llegó a infundir un temor reverente en toda la nación. Hasta tal punto que, poco antes de que se terminara la moda de los programas de preguntas y respuestas, llegó a haber planes para enfrentar a este hombre contra todos los contendientes posibles en un programa que se iba a llamar "Derrote al Genio".

¿El genio? ¡Pobre hombre! Apenas si tenía capacidad suficiente para ganarse la vida muy pobremente, y su habilidad para recordar todo era menos útil para él que la habilidad de caminar sobre una cuerda tirante.

Pero no todos equiparan a la inteligencia con la acumulación y la evocación inmediata de nombres, fechas y hechos. En realidad muy a menudo se suele asociar con la inteligencia precisamente la falta de estas cualidades. ¿Nunca han oído ustedes hablar del profesor distraído?

Según una especie de estereotipo popular todos los profesores, y en general toda la gente inteligente, son distraídos y no pueden recordar ni siquiera sus propios nombres sin tener que hacer para ello un esfuerzo supremo. Pero entonces, ¿qué es lo que los convierte en inteligentes?

Yo supongo que la explicación debe estar en que una persona muy erudita dedica una parte tan importante de su intelecto a su propio sector del conocimiento que le queda muy poco lugar en el cerebro para dedicarlo a cualquier otra cosa. Por esa razón, al profesor distraído se le perdonan todas sus fallas como homenaje a la maestría que demuestra en su campo de especialización.

Pero allí no puede estar toda la explicación, ya que dividimos las categorías del conocimiento según una jerarquía y reservamos nuestra admiración sólo para algunas, empleando la designación de "inteligentes" solamente para quienes han demostrado su destreza en dichas categorías del conocimiento.

Por ejemplo, podemos imaginarnos a un joven que tiene un conocimiento enciclopédico sobre el béisbol: sus reglas, sus tácticas, sus jugadores, su historia y los acontecimientos más recientes. Puede concentrarse en esos temas de tal manera que se distraiga por completo de las matemáticas, la gramática, la geografía y la historia.

Entonces no se lo perdona por saltar en algunos aspectos a cambio de éxito en otros: ¡se dice que es imbécil! Por el contrario, al genio de las matemáticas que, por más que se lo expliquen, no pueda distinguir entre dos juegos sencillos, se lo considera *inteligente* a pesar de ello.

De alguna manera, en nuestros juicios asociamos a las matemáticas con la inteligencia, cosa que no hacemos con el béisbol, de manera que quien entienda aunque sea un poco de matemática será catalogado de inteligente, mientras que saber muchísimo sobre béisbol no le hará ganar nada en ese sentido (aunque tal vez le haga ganar mucho en otros sentidos).

Es así como al profesor distraído que se olvida de su propio nombre, de qué día es, de haber almorzado o de una cita que tenía pendiente (deberían conocer ustedes las anécdotas de

---

[12] N. del A.: Se me pidió que me presentara a uno de esos programas y yo me rehusé, pensando que no ganaría nada con una exhibición exitosa de vulgar pirotecnia mental y que me sometería a una humillación innecesaria si resultaba ser lo bastante humano como para errar en una respuesta.

Norbert Wiener), todavía se lo considera inteligente mientras aprenda, memorice y recuerde bastante de alguna categoría que suela asociarse a la inteligencia.

¿Y cuáles son esas categorías?

Podemos eliminar todas aquellas categorías en las cuales la excelencia signifique solamente destacarse por la capacidad de coordinación o de esfuerzos musculares. No importa lo admirable que pueda ser un gran jugador de béisbol, o un gran nadador, o un pintor, escultor, flautista o violoncelista: por grande que sea el éxito, la fama y la adoración que se obtiene al sobresalir en cualquiera de esos campos, ello no es un signo de inteligencia.

La inteligencia tiende más bien a ser asociada con la teoría. El haber estudiado la técnica de la carpintería y haber escrito un libro sobre los distintos estilos de la misma en las distintas épocas es una forma muy clara de demostrar inteligencia, aunque uno sea totalmente incapaz de fijar un clavo en una tabla sin aplastarse un dedo.

Y si nos restringimos estrictamente al dominio del pensamiento, también esta claro que estamos más dispuestos a asociar la inteligencia a ciertos campos que a otros. Casi seguramente habremos de tener más respeto a un historiador que a un cronista deportivo, a un filósofo que a un dibujante de comics, etcétera.

Me parece una conclusión inevitable que nuestras nociones sobre lo que es la inteligencia han sido directamente heredadas de los tiempos de la antigua Grecia, cuando se despreciaba a las artes mecánicas como si fueran aptas solamente para los artesanos y los esclavos, mientras que sólo eran respetables las artes "liberales" (del vocablo latino que designa a los "hombres libres"), las cuales no tenían aplicación práctica y, en consecuencia, eran apropiadas para hombres libres.

Tan falto de objetividad es nuestro concepto de inteligencia, que vemos cómo la medida de la misma va cambiando delante de nuestros propios ojos. Hasta hace bastante poco tiempo la educación apropiada de un joven caballero consistía principalmente en la inculcación por la fuerza (mediante el castigo corporal, si resultaba necesario) de los grandes autores latinos. No saber latín era algo que descalificaba a cualquiera por completo e impedía su ingreso a las filas de los inteligentes.

Por supuesto que podemos señalar que hay una diferencia entre "educado" e "inteligente", y que recitar en latín como un tonto no es más que un signo de estupidez, después de todo... Pero eso solamente ocurre en teoría. En la vida real el hombre inteligente que carece de instrucción es invariablemente degradado y subestimado y, en el mejor de los casos, se reconoce su "talento natural" o su "sutil sentido común". Y de las mujeres, que no recibían instrucción, se demostraba que carecían de inteligencia por no saber latín, y ésa era la excusa para no educarlas. (Por supuesto que eso es un círculo vicioso, pero los círculos viciosos se han usado para apoyar todas las grandes injusticias de la historia.)

Pero fíjense cómo cambian las cosas. Solía ser el latín el signo de la inteligencia, y ahora lo es la ciencia, de lo cual me he beneficiado ya que no sé de latín nada más que lo que he logrado aprender de oídas, accidentalmente, pero sé mucho de ciencias... de modo que sin cambiar ni una sola célula de mi cerebro, yo podía ser un bruto en 1775 y una eminencia en 1975.

Usted puede decirme que no es el conocimiento mismo, ni tampoco la categoría de conocimientos que pueda estar de moda lo que cuenta, sino la manera en que se lo *usa.* Usted puede afirmar que lo que cuenta es la forma en que se exhibe y se maneja el conocimiento: el talento, la originalidad y la creatividad con que se lo emplea. Seguramente *allí* está la medida de la inteligencia.

Y no hay duda de que si bien la enseñanza, la literatura, la investigación científica son ejemplos de profesiones que suelen asociarse con la inteligencia, todos sabemos que puede haber maestros, escritores e investigadores muy brutos. La creatividad o la inteligencia, si

usted prefiere, pueden estar ausentes y todavía permitir que exista una especie de aptitud mecánica.

Pero si lo que cuenta es la creatividad, también ella cuenta sólo en ciertas áreas que están de moda y que merecen la aprobación. Un músico sin instrucción, sin educación, que tal vez es incapaz de leer las notas, puede lograr unir las notas y los tiempos de una manera tan brillante que signifique la creación de toda una nueva tendencia en la música. Pero ello no bastará para que reciba el espaldarazo de "inteligente". Sólo habrá de ser uno de esos innumerables "genios creadores" dotados de un "don divino". Puesto que no sabe cómo lo hace y no puede explicarlo después de hacerlo,[1] ¿cómo puede considerárselo inteligente?

El crítico que, después de producido el hecho, estudia la música y finalmente, en un esfuerzo, decide que no se trata simplemente de un ruido desagradable según viejas pautas, sino que en una gran obra a la luz de ciertas pautas nuevas... él sí que es inteligente. (Pero, ¿cuántos críticos cambiaría usted por un solo Louis Armstrong?)

Pero en ese caso, ¿por qué se considera inteligente a un genio científico brillante? ¿Acaso supone usted que él sabe de qué manera se le han ocurrido sus teorías, o que puede explicarle a usted cómo fue que sucedió todo? El gran autor, ¿puede explicar cómo hace para escribir, de modo que usted también pueda hacer lo mismo?

Yo mismo no soy un gran escritor si me mido por cualquiera de los patrones que yo mismo acepto, pero tengo algún mérito y para esta ocasión tengo algo que sirve... ya que soy una persona a la que generalmente se considera como inteligente, y puedo verme a mí mismo desde adentro.

Pues bien, la razón más clara y visible por la que puedo aspirar a la inteligencia es la naturaleza de lo que escribo: el hecho de que yo escriba muchos libros dentro de muchos campos con una prosa compleja pero clara, y de que demuestre al hacerlo un gran dominio del conocimiento. ¿Y qué?

Nunca nadie me enseñó a escribir. Desarrollé la técnica básica de la redacción cuando tenía once años. Y estoy seguro de que nunca podré explicar esa técnica básica a nadie.

Me atrevo a decir que podrá haber algún crítico que sepa mucho más de teoría literaria que yo (y mucho más de lo que me pueda interesar saber) que logre, si se lo propone, analizar mi trabajo y explicar lo que hago y cómo lo hago, mucho mejor que yo mismo.

¿Eso haría que él fuera mucho más inteligente que yo? Yo sospecho que para mucha gente, sí. En resumen, no conozco ninguna forma de definir la inteligencia que no dependa de lo que es subjetivo y de lo que esta de moda.

Ahora llegamos a la cuestión de las pruebas de inteligencia, a la determinación del "cociente de inteligencia" que se suele abreviar "IQ".[2]

Si es cierto, como lo sostengo y creo firmemente, que no hay una definición objetiva de inteligencia, y que lo que denominamos inteligencia es solamente un resultado de la moda cultural y del prejuicio subjetivo, ¿qué diablos es lo que medimos cuando utilizamos un test de inteligencia?

Yo odio tener que maltratar al test de inteligencia, porque siempre me favorece. Cuando me lo hacen normalmente termino por tener mucho más de 160, y todavía así me están subestimando porque casi siempre el tiempo que me lleva hacerlo es menor que el asignado.

---

[1] N. del A.: Se dice que el gran trompetista Louis Armstrong. cuando le pidieron que explicara algo sobre el jazz dijo (después de traducirlo al lenguaje formal): "Si tiene usted que preguntarlo. entonces jamás lo va a saber.... "Estas palabras deberían inscribirse sobre jade con letras de oro.

[2] N. del T: Son las iniciales inglesas de *Inteligence Quotient*

En efecto, por curiosidad me compré un libro en rústica que contiene un número razonable de tests destinados a medir el IQ de uno. Cada test tenía un límite de tiempo de media hora. Me puse a hacer cada uno de los tests de la manera más honesta que pude, respondiendo algunas preguntas al instante, otras después de pensar un poco, otras por pura adivinación, y otras no logré contestarlas... Y naturalmente tuve varias respuestas incorrectas.

Cuando hube terminado elaboré los resultados de acuerdo con las instrucciones y resultó que yo tenía un IQ de 135... Pero, ¡esperen!, yo no acepté el límite de media hora que me ofrecieron, sino que interrumpí cada sección del test al cumplirse los quince minutos, y pasé a la siguiente. En consecuencia multipliqué el porcentaje por dos y decidí que tengo un IQ de 270. (Estoy seguro de que no se justifica multiplicar por dos, pero el número 270 me agrada y satisface a mi amor propio, así que me propongo mantenerlo.)

Pero por mucho que esto calme mi vanidad, y por mucho que aprecie ser vicepresidente de Mensa, una organización que admite el ingreso sobre la base del IQ, con toda honestidad tengo que admitir que éste no significa nada.

Al fin y al cabo, ¿qué mide un test de inteligencia semejante, sino aquellas habilidades que asocian con la inteligencia los individuos que preparan el test? Y dichos individuos están sometidos a presiones culturales y a prejuicios que originan una definición necesariamente subjetiva de la inteligencia.

Es así que partes importantes de cualquier test de inteligencia miden la extensión del vocabulario de uno, pero las palabras que se pide que uno defina son las que uno puede encontrar si lee obras consagradas de la literatura. Nadie pide la definición de "chorrada" ni "gilipuertas" ni "ojos de gata", por la sencilla razón de que los que preparan los tests no conocen esos términos o, si lo hacen, se avergüenzan bastante por ello.

Esto es igualmente válido para los tests de conocimientos matemáticos, de lógica, de visualización de formas, y para todos los demás. A usted se lo examina en aquello que culturalmente está de moda: en aquello que los hombres educados consideran que debe ser el criterio para definir la inteligencia, es decir que lo comparan con las mentalidades de ellos mismos.

Toda la cuestión se convierte en un aparato que se sostiene a sí mismo. Los hombres que tienen el control intelectual sobre un sector dominante de la sociedad se definen a sí mismos como inteligentes, luego preparan tesis que constituyen un conjunto de puertitas muy bien hechas que sólo dejan pasar a mentalidades como las de ellos mismos, y de esa manera reciben más testimonios de la "inteligencia" y disponen de más ejemplos de "gente inteligente" y, en consecuencia, más razones para preparar nuevos tests de la misma clase. ¡Otro círculo vicioso!

Y una vez que a uno le estampan el rótulo de "inteligente", sobre la base de esos tests y de esos criterios, ya no se tiene más en cuenta si alguna vez el individuo demuestra su estupidez. Lo que cuenta es la etiqueta, no los hechos. Como no me gusta difamar a los demás, me limitaré a dar dos ejemplos de estupidez evidente que yo mismo he cometido (aunque si quieren puedo darles doscientos).

1) Un domingo le paso algo a mi automóvil y yo me sentí indefenso. Afortunadamente mi hermano más joven, Stan, vivía cerca y como tiene muy buen corazón decidí llamarlo. Vino enseguida, entendió el problema, buscó en las páginas amarillas de la guía y tomó el teléfono para intentar comunicarse con una estación de servicio, mientras yo me quedé ahí de pie, cabizbajo y deprimido.

Por último, después de un largo rato de diligencias inútiles, Stan me dijo con un dejo de molestia: "Isaac, ya que eres tan inteligente, ¿cómo es que no te has hecho miembro de la

AAA?"[1]. Ante lo cual dije: "Oh, yo soy socio del AAA" y le mostré mi carnet. Me miró durante un rato con cara rara y llamo al AAA. En media hora me había puesto en marcha.

2) Estaba sentado en el cuarto de Ben Boba (el editor de la revista *Analog)* durante una convención reciente de ciencia-ficción, mientras esperaba con bastante impaciencia que mi esposa se uniera a nosotros. Por fin, sonó el timbre de la puerta. Me puse de pie de un salto gritando "¡Esta es Janet!" abrí una puerta de golpe y me metí en el baño..., mientras Ben abría la puerta del cuarto y la hacía pasar.

A Stan y a Ben les encanta contar esas anécdotas mías, y son inofensivos. Como ya me pusieron el rótulo de "inteligente", todo esto que sin duda es prueba de estupidez se convierte en amable excentricidad.

Esto nos lleva a una cuestión muy seria. En años recientes se ha empezado a hablar de diferencias en el cociente de inteligencia originadas en la raza. Hombres como William B. Schokley, que tiene un premio Nobel (de física), señalan que las mediciones demuestran que el IQ promedio de los negros es sustancialmente más bajo que el de los blancos, y esto ha creado una verdadera conmoción.

Mucha gente que, por una u otra razón, ya había llegado a la conclusión de que los negros son "inferiores" está encantada por tener razones "científicas" para suponer que, después de todo, la posición indeseable en que se encuentran se debe a su propia culpa.

Por supuesto que Shockley niega que exista ningún prejuicio racial (estoy seguro que lo hace con sinceridad) e insiste en que no podemos ocuparnos con inteligencia de los problemas raciales si, por motivos políticos, ignoramos un descubrimiento científico indudable: que deberíamos investigar la cuestión cuidadosamente y estudiar las desigualdades intelectuales del hombre. No solamente es cuestión de negros contra blancos; aparentemente algunos grupos de blancos tienen menos puntaje que otros grupos de blancos, etcétera.

Pero desde mi punto de vista todo este grito de triunfo es un fraude colosal. Ya que (según creo yo) la inteligencia es una cuestión de definición subjetiva, y como los intelectuales dominantes que pertenecen al sector dominante de la sociedad la han definido, naturalmente, en una forma que les sirve a ellos mismos, ¿qué queremos decir cuando afirmamos que los negros tienen un IQ promedio más bajo que los blancos? Lo que estamos afirmando es que la subcultura negra es sustancialmente distinta de la subcultura blanca dominante, y que los valores de los negros son lo bastante distintos de los valores de los blancos dominantes como para hacer que los negros resulten peor clasificados en los tests de inteligencia cuidadosamente preparados por los blancos.

Para que los negros en su conjunto resulten bien clasificados como blancos, deben abandonar su propia subcultura para adoptar la blanca, y así podrán estar mejor preparados para que se les aplique el test de IQ. Es posible que no quieran hacer esto: y aun en el caso de que quisieran, las condiciones son tales que no se les hace fácil realizar ese deseo.

Para ponerlo en la forma más resumida posible: los negros de Estados Unidos han tenido una subcultura que ha sido creada para ellos, principalmente por la acción de los blancos, y se han mantenido dentro de ella, principalmente por la acción de los blancos.

Los valores de dicha subcultura son, por definición, inferiores a los de la subcultura dominante, de modo que el cociente de inteligencia de los negros tiene que resultar inferior; pero entonces este cociente inferior se emplea como excusa para que continúen subsistiendo las condiciones que le dieron origen. ¿Que esto es un círculo vicioso? Por supuesto.

Pero tampoco quiero ser un tirano intelectual e insistir en que lo que yo digo debe ser la verdad. Digamos que estoy equivocado: que hay una definición objetiva de la inteligencia, que se la *puede* medir con precisión y que los negros tienen cocientes de inteligencia inferiores al

[1] N. del T.: AAA son las iniciales de la *Automobile Association of America.* Es el Automóvil Club de los Estados Unidos.

de los blancos, en promedio, no porque existan diferencias culturales sino debido a alguna clase de inferioridad intelectual innata, de naturaleza biológica. ¿Y entonces, qué? ¿Cómo tienen que tratar los blancos a los negros?

Esta es una pregunta difícil de contestar, pero quizá logremos obtener algo bueno partiendo de la afirmación opuesta. ¿Qué sucede si examinamos a los negros y descubrimos, no sin asombrarnos un poco, que resultan tener un IQ *superior* en promedio al de los blancos?

¿Cómo deberíamos tratarlos *en* ese caso? ¿Deberíamos darles el derecho a votar dos veces? ¿Deberíamos darles un tratamiento preferente en los empleos, especialmente en los del gobierno?¿Les cederemos los mejores asientos en los transportes y teatros? ¿Les daremos lavabos públicos mejores que los de los blancos, y una mayor escala de sueldos, en promedio?

Estoy completamente seguro de que la respuesta a cada una de estas preguntas, o cualquiera que se le parezca, será una negativa decidida, violenta y hasta obscena. Sospecho también que si se nos dijera que los negros tienen cocientes de inteligencia más altos que los de los blancos, de inmediato la mayoría de los blancos sostendría con no poco ardor que el IQ no puede medirse con exactitud y, que si se pudiera, no tendría ningún significado, que una persona es una persona independientemente de sus lecturas, de lo costoso de su educación, de su vocabulario, y de otras tonterías, que todo lo que uno necesita es solamente el sentido común práctico, que todos los hombres son iguales en los benditos Estados Unidos, y que esos profesores, rojos malditos, y sus tests de inteligencia se los pueden meter en el...

Bueno, pero si vamos a desconocer el cociente de inteligencia cuando nosotros estamos abajo de la escala. ¿por qué habremos de prestarle una atención tan reverente cuando son ellos los que están abajo?

Pero, esperen. Puedo equivocarme de nuevo. ¿Cómo sé yo de qué manera habrán de reaccionar los miembros de la clase dominante frente a una minoría de IQ elevado? Al fin y al cabo, nosotros *respetamos* a los intelectuales y a los profesores hasta un cierto punto, ¿O no? Pero estamos hablando de minorías oprimidas, y una minoría con IQ elevado no sería oprimida, así que la situación artificial que he construido sobre la suposición de que los negros tienen un puntaje alto no tiene un sustento sólido, y es muy fácil derribarla.

¿Están seguros? Fijémonos en los judíos que, por cerca de dos milenios, han sido pateados cada vez que los gentiles se empezaban a aburrir de la vida. ¿Se debe esto a que los judíos como grupo tengan un bajo cociente de inteligencia?... Les diré que nunca supe que nadie afirmara tal cosa, por muy antisemita que fuera.

Yo mismo no considero que los judíos, como grupo, se destaquen por un elevado IQ. El número de judíos imbéciles que he encontrado en el transcurso de mi vida es enorme. Pero ésa no es la opinión de los antisemitas, cuyo estereotipo de los judíos supone la posesión de una inteligencia gigantesca y peligrosa. Aunque sólo pueden constituir menos de un medio por ciento de la población de una nación, siempre están a punto de "tomar el poder".

Pero, ¿no debería ser así, si todos ellos tienen IQ elevados? Oh, no, porque esa clase de inteligencia no es otra cosa que "astucia" o "malicia" o "sagacidad tortuosa" y lo que cuenta en realidad es que carecen de otros tipos de virtudes cristianas, o nórdicas, o teutónicas, o las que uno tenga.

En resumen, si usted se encuentra en el bando ganancioso del juego del poder, toda excusa es buena para quedarse allí. Si consideran que usted tiene un bajo IQ, lo despreciarán y se quedará donde está por esa causa. Si se juzga que usted tiene un alto IQ le temerán y se quedará donde está por esa razón.

O sea que, cualquiera sea la significación que pueda tener el cociente de inteligencia, en la actualidad se esta convirtiendo en un juego para gente intolerante.

Así que, para terminar, déjenme darles mi propia opinión. Cada uno de nosotros forma parte de cualquier número de grupos, que corresponden a cualquier número de formas de clasificar a la humanidad.

En cada una de estas formas un individuo dado puede ser superior a otros del mismo grupo, o inferior, o ninguna de esas dos cosas, o ambas, dependiendo de la definición y de las circunstancias.

Por esta razón, los conceptos de "superior" e "inferior" no tienen un significado útil. Lo que sí existe, objetivamente, es el concepto de "diferente". Cada uno de nosotros es diferente. Yo soy diferente, usted es diferente, y usted, y usted, y usted...

En esa diferencia está la gloria del *homo sapiens y* la mejor salvación posible, puesto que lo que algunos no pueden hacer, otros lo pueden, y donde algunos no pueden prosperar, otros sí, dentro de un rango de condiciones muy amplio. Yo creo que deberíamos valorar estas diferencias como la ventaja más importante del hombre como especie, y que jamás deberíamos tratar de usarlas para arruinarnos la vida como individuos.

XVIII. LA ESTRELLA DEL ORIENTE

Porque de vez en cuando escribo alguna poesía liviana, y me gustan los juegos de palabras y también soy egocéntrico, algunas veces me siento obligado a hacer cosas ingeniosas (si me salen) con mi nombre. Así fue que una vez escribí un poema, "La flor de la vida", en el cual hacía falta una rima interior y quería usar mi nombre, así que puse a un joven admirador mío que me encontraba y me decía:

"Estrellas del Cielo, ¡es Asimov!"[1]

Me pareció que era un verso natural, que no sonaba forzado, y lo cité varias veces cuando quería impresionar a alguien con mi habilidad para la poesía liviana. Una vez lo hice con una hermosa damisela y ella, después de pensar unos cinco segundos, dijo:

-"¿Por qué no pusiste:

¡Oh, mazel tov, es Asimov!"[1]

Mortificado por el papelón pasé quince minutos en silencio antes de recuperarme. Por supuesto que la versión de ella era mucho mejor, pues *"mazel tov"* (a lo mejor no es necesario que se lo explique) es la frase hebrea que significa "buena suerte". Por diversas razones es mucho más apropiada desde el punto de vista humorístico... y a mí nunca se me había ocurrido.

Pero quien empleó mi nombre de manera muy ingeniosa no fui yo mismo, sino J. Wayne Sadler de Jacksonville. Florida. En el pasado mes de diciembre me envió una poesía (en la cual he introducido dos o tres cambios minúsculos), y aquí la tienen:

"Si a un campo nudista va ,
nuestro buen amigo Isaac
al grupo se ha de arrimar,
pues, como él suele afirmar:
"en casa de Don Tomás
haz como hacen los demás"
Y al oírse la señal:
"quítense la ropa ya"
sin siquiera pestañear
allí está Asimov, Isaac.

Bueno, es cierto que nunca estuve en un campo nudista, pero a veces creo que debido a mi estilo personal para escribir vivo en una especie de campo nudista mental. No puede haber nadie que lea mis escritos regularmente y que no esté completamente al tanto de mis opiniones y sentimientos sobre casi cualquier tema. Pero, por si ustedes y sentimientos sobre casi cualquier tema. Pero, por si ustedes no se han dado cuenta, déjenme afirmar que en el aspecto religioso soy un librepensador.

---

[1] N. del T.: "*Why, stars above, it's Asimov"*

En particular, debo dejar en claro que no acepto como exactos los relatos sobre la Natividad que figuran en los Evangelios. No tengo nada que decir con respecto a su valor teológico, ni a su simbolismo alegórico, ni a nada de eso: yo no soy un teólogo. Pero no los acepto como descripciones literales de la realidad, en la misma medida en que tampoco acepto el primer capítulo del Génesis.

Mi opinión personal es que las historias sobre la Natividad fueron inventadas después de producido el hecho, y que las mismas continúan en muchos sentidos la tradición de los relatos acerca del nacimiento de otros conductores legendarios (o no tan legendarios) que, en épocas anteriores, habían fundado naciones o religiones: Sargón de Acadia, Moisés, Ciro, Rómulo y Remo, etcétera.

El más antiguo de los cuatro Evangelios, el de Marcos, no contiene ningún relato sobre la Natividad, sino que comienza con el bautismo de un Jesús maduro. El más nuevo de los cuatro Evangelios, el de Juan, no contiene ningún relato acerca de una natividad humana ya que por aquel entonces, en cierto sentido, Jesús ya estaba más allá de eso. En cambio considera a Jesús como una manifestación de Dios que es coeterna con Él mismo.

Con lo cual nos quedan dos Evangelios de edad intermedia, los de Mateo y Lucas, cada uno de los cuales contiene un relato de la Natividad... pero los dos son distintos. Ninguno de los dos se superpone en ningún punto: todo lo que está contenido en uno de los relatos del Nacimiento es sistemáticamente omitido en el otro.

Es así que la historia de la estrella que brilló en el Cielo en el momento del nacimiento de Jesús sólo aparece en el Evangelio de Mateo y *no* figura en ninguna forma en el Evangelio de Lucas. En efecto, no existe ninguna referencia a la estrella en el Nuevo Testamento, salvo en la primera parte del segundo capítulo del Evangelio de Mateo.

La historia completa de esta estrella puede encontrarse en cinco versículos que transcribiremos de la antigua versión de Casiodoro de Reina:[1]

Cuando Jesús nació en Belén de Judea en días del rey Herodes, vinieron del oriente a Jerusalén unos magos diciendo: ¿Dónde está el rey de los judíos, que ha nacido? Porque su estrella hemos visto en el oriente, y hemos venido a adorarle. (Mateo 2:1-2)

Esto preocupa al rey Herodes, que no acepta ningún pretendiente al trono y que supone naturalmente que cualquiera de los llamados Mesías habrá de incitar a la rebelión. Convoca a sus consejeros, y luego manda a buscar a los magos.

Entonces Herodes, llamando en secreto a los magos, indagó de ellos diligentemente el tiempo de la aparición de la estrella. (Mateo 2:7)

Luego Herodes les ordena a los magos que encuentren al niño y vuelvan a él para informarle.

Ellos, habiendo oído al rey, se fueron: y he aquí la estrella que habían visto en el oriente iba delante de ellos, hasta que llegando, se detuvo sobre donde estaba el niño. Y al ver la estrella. se regocijaron con muy grande gozo. (Mateo 2:9-10)

---

[1] N. del T.: Asimov transcribe sus citas de la Biblia a partir de la versión del rey Jacobo I de Inglaterra (1611). En la traducción se ha empleado la versión de Casiodoro de Reina (1569), revisada por Cipriano de Valera (1602).

Como la estrella brillaba sobre el lugar donde Jesús nació en Belén (sea cual sea el lugar del pueblo donde se produjo, pues el detalle del pesebre solamente figura en el Evangelio de Lucas), se la suele denominar como “la Estrella de Belén”.

La Estrella de Belén es una de las pocas cosas de la Biblia que parece ser de naturaleza astronómica, y por ello ha sido objeto de abundante especulación desde el punto de vista astronómico.

Y para serles sinceros a mí también me gusta especular acerca de la Estrella de Belén, de modo que quisiera ofrecerles nada menos que nueve alternativas.

Por ejemplo, puede ser *(alternativa 1*) que la Estrella de Belén no sea accesible a la explicación astronómica y que, en verdad, se encuentre completamente fuera del dominio de la razón. Puede representar un “misterio” (en el sentido religioso de la palabra) que los seres humanos no pueden entender sin la inspiración divina. Tal vez su significado sólo puede aclararse en el Cielo. En cuyo caso está claro que no ganamos nada con teorizar. No podemos hacer otra cosa que esperar a que nos venga la inspiración o a que lleguemos al Cielo y, caramba, lo más probable es que a mí no me suceda ninguna de la dos cosas.

También puede suceder *(alternativa* 2) que la Estrella de Belén esté más allá de toda explicación, no por razones teológicas, sino simplemente porque se trata de una mentira piadosa del autor del Evangelio.

Con esto no quiero decir que se trata de una mentira deliberada ni de un intento destinado a engañar. La historia de la Estrella puede haber sido algo que se rumoreaba, una especie de signo reconocido de la divinidad durante el nacimiento (como pueden serlo las voces angelicales y las aureolas) y el autor puede haberla empleado por tratarse de un detalle conveniente y adecuado.

Recuerden que Mateo probablemente reunió el contenido de su Evangelio algún tiempo después de la destrucción del Templo de Jerusalén en el año 70; en otras palabras, tres cuartos de siglo después del nacimiento de Jesús. Como no existían registros de los hechos pasados, como los tenemos ahora, él tuvo que limitarse a recopilar relatos imprecisos. Es posible que haya habido relatos acerca de algún fenómeno estelar que había tenido lugar en una época cercana al nacimiento de Jesús, y que Mateo haya creído oportuno incluirlos.

Podemos preguntarnos por qué razón Mateo se sintió impresionado por los relatos que le contaron sobre la Estrella, y por qué quiso incluirlos mientras que Lucas no lo hizo. En realidad podemos dar una razón plausible para ello. Si nos basamos en las pruebas objetivas podemos sostener que Lucas era un gentil que relataba la historia del Evangelio a otros gentiles, mientras que Mateo era un judío que relataba la historia a otros judíos.[1]

Entonces es natural que Mateo ofrezca todos los detalles posibles que confirmen una u otra profecía del Viejo Testamento, ya que así habrá de impresionar a su público judío. Algunas veces cita los versículos del Viejo Testamento que contienen la profecía, pero aun en las casos en que no lo hace los podemos buscar nosotros.

En un punto del Viejo Testamento, por ejemplo, figura Balaam haciendo la siguiente profecía en el momento en que las tribus de Israel se están preparando al este del Jordán para invadir Canaán:

Lo veré, más no ahora: lo miraré. mas no de cerca: saldrá Estrella de Jacob, y se levantará cetro de Israel, y herirá las sienes de Moab, y destruirá a todos los hijos de Set. (Números 24:17)

---

[1] N. del A.: Con todo gusto pueden remitirse a mi libro *Asimov’s Guide to the Bible, vol*. 2: *El Nuevo Testamento*-(Doubleday. 1969) si lo desean. Yo no insisto.

Es muy probable que este versículo haya sido escrito durante la época del reino de Judea y se lo haya incluido como parte de las palabras del legendario sabio Baalam. (En la Antigüedad era muy común poner algunas palabras en boca de los antiguos próceres.)

Se supone que “el” que será visto es el rey David, que en verdad derrotó a Moab y conquistó todos los reinos cercanos. Es debido a este versículo que a los triángulos equiláteros entrelazados se los conoce como la “Estrella de David”.

Después de la destrucción del reino de Judea y del fin de la dinastía de David, el versículo fue reinterpretado. La palabra “lo” se interpretó que se refería a un rey futuro de la dinastía de David, el Mesías (“el ungido”, una frase que los judíos usan comúnmente para referirse a un rey). Naturalmente, Mateo la aceptó como tal y debió suponer que una estrella daría lugar a una asociación especialmente adecuada con el nacimiento del Mesías.

También hay un pasaje en el libro de Isaías que describe una utopía por venir. Un versículo dice:

Y andarán las naciones a tu luz, y los reyes al resplandor de tu nacimiento. (Isaías 60: 3)

Se hace referencia al Israel ideal que habrá de levantarse en el futuro, pero es fácil transmitir la referencia al Mesías, y las palabras “luz” y “resplandor de tu nacimiento” bien pueden referirse a una estrella. La palabra “naciones” puede interpretarse que se refiere a los magos que vienen del Oriente.

Tanta influencia tuvo el versículo de Isaías, con su referencia a los “reyes” y también a las “naciones”, que surgió la leyenda de que los magos eran tres reyes llamados Melchor, Gaspar y Baltasar. En la época medieval se supuso que existían reliquias de los tres en la Catedral de Colonia, por lo cual se los denominó “los tres Reyes de Colonia”. Por supuesto que todo esto es completamente ajeno a la Biblia. La Biblia no los llama reyes y ni siquiera dice que hayan sido tres.

Pero, ¿qué sucede si en realidad Mateo basó su historia de la estrella en alguna leyenda que circulaba en el momento de recopilar el Evangelio, y si tal leyenda refleja algo que efectivamente había ocurrido?

Podemos suponer *(alternativa* 3) que, fuera lo que fuese la estrella, se trataba de un objeto milagroso y no de algo que pueda verse en la vida diaria o que pueda verlo todo el mundo. De hecho, puede ser que solamente la hayan visto los magos y es posible que de verdad les haya servido como una guía milagrosa. Una vez que los hubo llevado hasta el Niño Jesús y que se hubo parado sobre él, desapareció.

A favor de esto podemos señalar que Herodes, de quien debemos suponer que estaba vivamente interesado por todo signo que pudiera indicarle el nacimiento de un rival para su trono, no sabía nada de la estrella y tuvo que preguntarles a los magos acerca de ella.

Pero si la estrella fue un milagro creado para cumplir esta única tarea, y si fue vista sólo por la gente que tenía que verla, nuestra investigación debería terminar aquí, de modo que pasemos a considerar otras alternativas.

Supongamos que la estrella, fuera lo que fuera, no fue milagrosa sino real, y que cualquiera que la miraba la podía ver. A decir verdad, ésta es la suposición que hace la mayoría de la gente cuando trata de descubrir qué pudo haber sido la Estrella de Belén.

Pero en toda alternativa que se base en esta suposición debemos olvidarnos de la posibilidad de que la estrella haya guiado a los magos y se haya parado sobre Jesús. Está claro que una cosa semejante sería milagrosa, y debe excluirse si lo que se busca es una explicación racional. Simplemente debemos suponer que apareció algo en el cielo que pareció presagiar el nacimiento de un Mesías, y nada más que eso.

Pero en esto nos ayuda el hecho de que la palabra “estrella” tenía un significado mucho más amplio para los antiguos que para nosotros. Por ejemplo, nosotros no consideramos a los planetas ni a los cometas como estrellas, pero para los antiguos éstos eran “estrellas errantes” y “estrellas con cabellera” respectivamente. Para los antiguos cualquier objeto celeste debía considerarse como estrella, así que pongámonos a buscar una estrella, en el sentido más amplio posible.

Por ejemplo, el fenómeno celestial al que Mateo se refiere como estrella puede haber sido en realidad *(alternativa 4)* un hecho astronómico sutil perfectamente real, pero que no podía ser notado por nadie que no fuera especialista en el tema.

Los magos bien pueden haber sido considerados como especialistas en el tema. El término empleado en el Evangelio de Mateo es una traducción inglesa de la palabra griega *magoi*, la cual a su vez proviene de *magu*, que era el nombre que los antiguos persas daban a los sacerdotes de Zoroastro.

Para los griegos y los romanos el término hacía referencia a cualquier místico del Oriente. Para los romanos *magus (magi* en plural) quería decir “hechicero” y, de hecho, nuestros vocablos castellanos actuales “magia” y “mago” provienen del persa *magu.*

Por supuesto que las personas que más probablemente se deben haber interesado por los fenómenos celestiales deben haber sido los astrólogos, y éstos deben haber figurado con el título de magos. Babilonia era un centro de la astrología en la Antigüedad y es fácil de suponer que los magos hayan sido astrólogos de dicho país, que queda al este de Judea.

Y, ¿qué pueden haber visto los astrólogos que haya sido real y evidente para ellos, pero que la gente común no pudiera haber visto?

Sucede que la posición del Sol en el momento del equinoccio vernal tiene gran importancia para los astrólogos. Esta posición siempre está ubicada en el Zodíaco, pero no está en un lugar fijo.

Se va corriendo muy lentamente de una de las doce constelaciones del Zodíaco a la siguiente, y tarda cerca de dos mil años en cruzar completamente a través de una constelación.[1]

Durante los dos mil años anteriores al nacimiento de Cristo, en el momento del equinoccio vernal, el Sol había estado en la constelación de Aries (el Carnero). Pero más o menos por ese entonces llegó el momento de pasar a la constelación de Piscis (el Pez).

Para los astrólogos esto debe haber sido un acontecimiento trascendental y es muy posible que hayan pesando que representaba un vuelco fundamental en la historia del hombre. Como los habitantes de Judea por aquella época hablaban constantemente de la llegada de un Mesías que vendría a establecer una nueva Jerusalén y a reorganizar la historia del hombre (como lo afirmaba el pasaje de Isaías), es posible que los astrólogos hayan llegado a la conclusión de que había llegado el momento... y se hayan ido hasta Judea para investigar la cuestión.

En relación con esto, es interesante notar que los primeros cristianos utilizaban un pez como símbolo secreto del Mesías. La explicación habitual dice que las letras del nombre griego del “pez” leídas en orden, eran las iniciales de una frase griega que, traducida, significa “Jesucristo Hijo de Dios Salvador”. Pero también es posible que el pez se refiriese a Piscis, la constelación a la cual había pasado el equinoccio vernal.

Pero, sin embargo, el punto del equinoccio vernal no es una cosa visible, sino algo que se calcula. Mateo habla claramente de una estrella visible. Con seguridad esto sólo puede deberse a que Mateo, no siendo un astrólogo, no entendió bien de qué se trataba.

Pero nosotros no podemos saberlo. Supongamos que decidimos que Mateo tenía razón y que la estrella era un fenómeno visible. Entonces, ¿cómo se lo explica?

---

[1] N. del A.: Véase “*Los Signos de los Tiempos”* en *Of Matters Great and Small* (Doubleday. 1975).

En ese caso la estrella pudo haber sído un cometa (*alternativa 5*). Los cometas aparecen de manera irregular e impredecible (por lo menos así les parecía a los antiguos) y se mueven a través del cielo de un modo errático. Así, sucede que el más famoso de todos los cometas, el de Halley, apareció en el cielo en el año -11, o sea siete años antes de la fecha que la tradición asigna al nacimiento de Jesús, pero esa fecha tradicional no está muy bien probada.

Además el cometa Halley es demasiado notable. Los cometas son visibles por todos y comúnmente se suponía que presagiaban verdaderas conmociones. Si los magos hubieran venido del este hablando de una estrella que representaba el nacimiento de un Mesías, todos habrían sabido de inmediato de qué hablaban, y Herodes no habría tenido que preguntar de qué se trataba.

Se puede hacer la misma objeción, aunque con menos fuerza, con respecto a la presencia en el cielo *(alternativa* 6) de una supernova, es decir, una estrella que brilla con gran intensidad en una posición que nunca había sido ocupada antes por ninguna estrella, y que por lo tanto significa algo nuevo y grandioso. Es posible que no haya sido tan notable como un cometa, por lo menos para la población en general, pero no es probable que haya pasado tan desapercibido como para que no le dedicaran ningún comentario en absoluto, y no disponemos de ningún registro en ningún lado que se refiera a ninguna supernova que haya aparecido en ninguna parte del mundo por aquella época, ni tampoco existe huella alguna en el cielo actual que indique que pueda haber aparecido una supernova por aquel entonces.[1]

No pudiendo tratarse de un cometa ni de una supernova, la estrella puede haber sido *(alternativa* 7) una referencia al objeto normal más brillante del cielo, después del Sol y Luna... el planeta Venus.

Pero esto parece tener el menor grado de probabilidad, aunque alguna gente ha sostenido que es posible. Al fin y al cabo, Venus es un objeto celeste muy común y no es razonable suponer de ninguna manera que alguien pudiera creer que significaba algo especial en un instante y no en otro. Lo mismo puede decirse, con más razón, de cualquier otro planeta o estrella del cielo.

¿Qué les parece *(alternativa* 8) un meteorito brillante? Este tiene la ventaja sobre un cometa, una supernova o un planeta brillante de que es un fenómeno restringido. Está localizado en la alta atmósfera y sólo se lo puede ver desde una porción muy limitada de la superficie de la Tierra.

Los magos pueden haber visto la "estrella" en el Oriente, como lo anunciaron, en el cielo de su propia área de Babilonia. En ese caso no habría sido visible desde ningún otro lado, y tampoco desde Judea. De esta manera podemos entender cómo fue que Herodes tuvo que indagarlos sobre ello.

Aquí se presenta la dificultad de si un simple meteorito, que viene y va, ha de impresionar a los astrólogos como algo lo bastante poco común en sí mismo como para indicar la llegada de un Mesías. En el aire claro de Babilonia, sin ninguna duda, se deben haber podido ver meteoros todas las noches y, aun cuando éste puede haber sido especialmente brillante, ¿qué hay con eso?

Si realmente el meteoro hubiera llegado a la superficie de la Tierra y se hubiese convertido en un meteorito, los magos se habrían impresionado mucho más, siempre que hubieran presenciado la caída y hallado el meteorito, pero en ese caso, ¿no habrían ellos hablado de algo que cayó del cielo?

Ya se nos han terminado los fenómenos celestes comunes que podrían explicar la estrella... las mismas estrellas, los planetas, los cometas, los meteoros. ¿Qué nos queda?

---

[1] N. del A.: Para los lectores de ciencia-ficción, el aspecto más interesante de esta alternativa es que Arthur C. Clarke escribió un cuento, "La estrella" que apareció en el número de noviembre de 1955 de *Infinity Science Fiction*, y que ganó el premio Hugo en el año 1956. Es la historia de la estrella de Belén y, si no me creen, les recomiendo que la lean en mi antología *Los Ganadores del Hugo* (Doubleday, 1962).

Tal vez no haya sido un solo objeto celestial, sino un conjunto; un conjunto tan poco común *(alternativa* 9) que atrajera los ojos de los astrólogos y que tuviera algún significado para ellos.[1]

Los únicos objetos celestes que cambian de posición con regularidad y que forman combinaciones impresionantes de vez en cuando son los miembros del sistema solar. De éstos podemos excluir a los cometas y meteoros, ya que los primeros son impresionantes por sí mismos y no hace falta una combinación para notarlos, y los últimos se mueven demasiado rápido y duran demasiado poco para formar combinaciones definidas. Podemos excluir al Sol, ya que éste tapa a todo lo que se encuentra en sus alrededores y no forma ninguna combinación visible; y también a la Luna, ya que no se puede comparar con ningún otro objeto con el cual pueda formar una combinación visible.

Con eso nos quedan los cinco planetas visibles: Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno. De tanto en tanto, dos o más de estos planetas brillan en el cielo muy cerca uno del otro y a menudo esto da lugar a una combinación sobrecogedora. Una situación semejante es bastante común y, de acuerdo con Sinnott, hubo entre los años -12 y + 7 no menos de doscientas oportunidades en que dos planetas estuvieron muy próximos en el cielo, y en veinte ocasiones fueron más de dos los planetas próximos.

Esto significa un promedio aproximado de uno por mes y me parece que los astrólogos no se habrían impresionado con algo así, a menos que representara algo muy poco común, o muy notable, o significativo desde el punto de vista astrológico o, en el mejor de los casos, las tres cosas.

Podemos establecer algunos criterios. Los dos planetas más brillantes son Venus y Júpiter. En consecuencia, cuando estos dos están muy próximos tiene Jugar la más impresionante de las combinaciones, especialmente cuando están lo bastante lejos del Sol como para que se los pueda ver en la parte oscura del cielo. Una combinación tal se produjo antes del amanecer del día 12 de agosto del año -3. En el momento que estuvieron más cerca los dos planetas llegaron a estar separados por sólo doce minutos de arco, lo que significa una distancia de solamente dos quintos del diámetro de la Luna.

Otra combinación semejante, pero mucho más impresionante, se produjo después de la puesta del Sol del día 17 de junio del año -2. En esa ocasión Venus y Júpiter se acercaron mucho más y, en el instante de máxima aproximación, estuvieron separados por solamente tres minutos de arco, es decir un décimo de ancho de la Luna llena..Estando tan próximos debe haber sido bien difícil distinguir a los planetas como dos puntos de luz separados. Pero además, vistos desde Babilonia, los dos planetas deben haberse ido aproximadamente entre sí a medida que iba descendiendo hacia el horizonte del oeste. En efecto, deben haber alcanzado su separación mínima a las 10 de la noche, hora de Babilonia, precisamente en el momento de su puesta en el horizonte. Podemos imaginarnos que los astrólogos que observaban deben haber visto que aparentemente los dos planetas se unían para formar uno solo al llegar a un punto del horizonte occidental, en la dirección de Judea.

El hecho de que esta “estrella” tan poco común pudiera ser vista en dirección a Judea, ¿fue suficiente para hacerlos pensar en un Mesías? En realidad hay algo más.

En la Biblia se atribuye a Jacob en su lecho de muerte el haber pronunciado una importante profecía mesiánica. Él dice algo místico acerca de cada uno de sus hijos, y ello se considera como una referencia al futuro de cada tribu.

Con respecto a Judá (de quien descendía David, y por lo tanto Jesús), dijo:

---

[1] N. del A.: Los datos que menciono en lo referente a la *alternativa* 9 debo agradecerlos a un artículo, “Reflexiones sobre la estrella de Belén” de Roger W. Sinnott. que apareció en el número de diciembre de 1968 de *Sky and Telescope*

Cachorro de león, Judá: de la presa subiste, hijo mío. Se encorvó, se echó como león, así como león viejo: ¿quién lo despertará? No será quitado el cetro de Judá, ni el legislador entre sus pies, hasta que venga Siloh: y a él se congregarán los pueblos (Génesis 49:9-10)

El versículo noveno indica que el león era el símbolo totémico de la tribu de Judá (todavía hablamos del "León de Judá". En cuanto al décimo versículo, todavía se sigue discutiendo cuál es el significado de Siloh.

Siloh era el nombre de una ciudad en la cual había un importante santuario antes de los días del Reino de Israel, el cual fue destruido un siglo antes del nacimiento de David. En ese caso no parece que el versículo tenga mucho sentido, y puede deberse a un error de trascripción. Sin embargo, uno puede sostener que se refería a que el santuario iba a ser instalado nuevamente en Siloh y que, por analogía, se produciría la restauración de la dinastía de David ya destruida, o sea que era una referencia al Mesías.

Por lo común, el versículo se interpreta como una profecía mesiánica. Pero ocurre que una de las constelaciones del Zodíaco es Leo (el León). Para los astrólogos sería fácil suponer que Leo representa a Judá y a la Casa de David. Hay una referencia a "el legislador de entre sus pies", y resulta que entre las patas delanteras de la constelación de Leo (de acuerdo con el dibujo convencional que se hacía en la Antigüedad) estaba la estrella más brillante de la constelación, Régulus (que en latín significa "pequeño rey"). De modo que podemos suponer que Régulus, en particular, debía representar al Mesías (para los astrólogos).

Y sucede que las dos combinaciones entre Venus y Júpiter que se produjeron en los años -3 y -2 tuvieron lugar en la constelación de Leo, una de ellas de un lado de Régulus y la otra del otro lado. En ambos casos la combinación planetaria estaba separada de Régulus por cerca de tres grados, que era lo bastante cerca como para impresionar a los astrólogos.

Así que tenemos una "estrella" muy poco común que aparece en el horizonte encima de Judea, muy cerca de la estrella que simboliza al Mesías. ¿No creen ustedes que los astrólogos deben haber partido para Judea de inmediato en busca del Mesías, aunque sólo fuera para verificar sus propias conclusiones?

Por supuesto que las dos combinaciones tuvieron lugar durante los meses de verano (del hemisferio norte, bien lejos de la Navidad, pero eso no importa. La fecha del 25 de diciembre no tiene ninguna justificación bíblica y simplemente se la eligió a comienzos de la era cristiana para competir con la festividad mazdeísta dedicada a Mitra en ese día, y para aprovechar así una tradición ya instituida según la cual el solsticio invernal era una época de júbilo general.

Además, tanto Mateo como Lucas ubican el nacimiento de Jesús en la época de Herodes, y ese monarca murió en el año -4 (o sea cuatro años "antes de Cristo"). Es decir que, *según* parece, Jesús no pudo haber nacido después del año -4 y por lo tanto tenía por lo menos dos años de edad en el momento en que se produjo la segunda combinación, que fue la más impresionante.

Pero el haber ubicado el nacimiento de Jesús *exactamente* en el momento en que se produjo la combinación puede ser una modificación introducida en la historia con posterioridad.

Debo reconocer que el desarrollo de la alternativa 9 es tan atractivo que me siento tentado a creerlo... pero no lo creo. En el año -2 la astronomía tenía un desarrollo muy limitado, y aun en el caso de que los astrólogos de Babilonia hubiesen notado la combinación dudo que fueran tan versados en los detalles de las escrituras y leyendas de los habitantes de Judea como para atribuirles una importancia mesiánica. No, creo que toda esta historia no es otra cosa que una elaboración ingeniosa hecha a posteriori.

De modo que voy a mantenerme aferrado a mi escepticismo y a poner a la estrella de Belén en la misma categoría en que ubico a la separación de las aguas del Mar Rojo, a la

caminata sobre las aguas y a todos los demás milagros de la Biblia. No son nada más que historias fantásticas que podríamos ignorar por completo por no merecer nuestra atención, si no fuera por el hecho de que son nuestras historias fantásticas, las que nos enseñaron a venerar durante la etapa impresionable de nuestra juventud.

XIX. EL ARGUMENTO DE YUDO

Durante varias décadas me he pasado explicando el funcionamiento del Universo sin referirme a Dios, y naturalmente me han preguntado una y otra vez si creo en Dios. Esto es bastante fastidioso, pero he probado diversas formas de contestar a la pregunta, en la esperanza de no dar pie a discusiones ni a ofensas. (Cuando una vez me preguntaron en la televisión: "¿Cree usted en Dios?", contesté: "¿En el Dios de quién?").

Pero, de todos modos, las "creencias" carecen de importancia: con todos los cientos de millones de personas que, en su época, creyeron que la Tierra era plana, nunca se consiguió achatarla ni siquiera un centímetro.

Lo que quisiéramos es tener alguna línea lógica de razonamiento, que en lo posible se inicie a partir de hechos observados y que nos conduzca a la conclusión ineludible de que Dios existe.

Tal vez esto no sea posible. Tal vez la existencia de Dios sea una cuestión que se encuentra especialmente más allá de la capacidad del hombre para observar, medir y razonar: y necesariamente deba basarse exclusivamente en la revelación y la fe. De hecho, ésta es la actitud de casi todos los Creyentes dentro de nuestra cultura occidental. Ellos sacan a relucir la Biblia (u otra autoridad equivalente) y allí se termina la discusión. Por supuesto que de esa manera no tiene ningún sentido discutir. Usted no puede razonar correctamente con alguien cuya línea básica de discusión consiste en que la razón no sirve.

Pero usted sabe que esa manera de buscar refugio en la autoridad no es necesariamente la única respuesta. Hay una serie larga y respetable de intentos realizados por gente sumamente devota con el objeto de demostrar que la razón *no* está reñida con la fe, y que uno puede comenzar a partir de primeros principios y demostrar, empleando la lógica, que Dios existe.

Por ejemplo, aquí tenemos un argumento muy simple a favor de la existencia de Dios. Se denomina el "argumento ontológico" (la "ontología" es el estudio de la existencia real) y fue propuesto por San Anselmo en 1078. El argumento consiste en que cualquiera puede concebir un ser perfecto, al que podemos llamar Dios. Pero para que sea realmente perfecto, dicho ser también debe existir, ya que la inexistencia sería una falla en su perfección. Entonces, necesariamente la oración "Dios no existe" es una contradicción en sí misma, porque es lo mismo que decir "lo perfecto no es perfecto".

Por lo tanto, Dios existe.

Como no soy un teólogo, yo no conozco la manera apropiada de refutar ese argumento. Mi propia forma de refutarlo, seguramente inapropiada, consiste en decir que como escritor de ciencia-ficción todos los días concibo cosas que no existen, y que el hecho de que conciba un ente perfecto (como un gas perfectamente ideal o un cuerpo negro perfecto) *no* implica necesariamente que exista.

Por lo que yo sé, no existe ningún argumento racional destinado a probar la existencia de Dios que haya sido aceptado de manera general por los filósofos y los teólogos. Todos los argumentos siguen en discusión y, para estar libres de todo mal, los Creyentes deben refugiarse en la fe.

Pero hay una cierta clase de argumentos en favor de la existencia de Dios que me interesa en particular, y es el argumento que se basa en la ciencia.

Después de todo, desde la época de Copérnico y de Galileo reina la impresión en general de que la ciencia y la religión están en conflicto y, verdaderamente, muchas doctrinas que son aceptadas por la ciencia han sido denunciadas amargamente por los Creyentes. En la actualidad, la más prominente de éstas es la doctrina de que la evolución se debe a la selección natural, con su corolario de que la vida se inició y desarrolló como resultado de fuerzas naturales que actuaban al azar.

Cuando los Creyentes basan un argumento en favor de la existencia de Dios sobre algún descubrimiento científico, lo que hacen es pedir la colaboración del enemigo, por así decirlo. Es una forma de yudo filosófico: el arte de utilizar la propia fuerza del oponente en contra de sí mismo. Así que, si ustedes no se oponen, a los argumentos en favor de la existencia de Dios que se basan sobre descubrimientos científicos, los voy a llamar "argumentos de yudo".

El primer argumento de yudo que conozco data de cerca de 1773, cuando el enciclopedista francés Denis Diderot estaba en la corte de Catalina la Grande de Rusia. Diderot era un ateo declarado que expresaba libremente sus puntos de vista. Leonhard Euler, matemático suizo y uno de los más grandes de todos los tiempos, se propuso desconcertar a Diderot demostrando matemáticamente la existencia de Dios en un debate público. Diderot aceptó el desafío y frente a la corte rusa que miraba con interés, Euler dijo: "Señor, $(a + bn)/n = x$, por lo tanto Dios existe. ¡Refute eso!".

Diderot, que no sabía nada de matemáticas. no tuvo respuesta, se retiró confundido y solicitó permiso para regresar a Francia.

Por supuesto que el argumento de Euler era un disparate. No era nada más que una broma. Hasta el día de hoy no hay ninguna demostración matemática de la existencia de Dios que haya sido aceptada por alguna persona con autoridad.

Pasemos a considerar argumentos de yudo más serios. He aquí uno que se puede expresar como sigue: Supongamos que existe algo que sólo pudo llegar a existir contraviniendo una ley natural universalmente probada y aceptada. En ese caso podemos sostener que el hecho de su existencia trasciende la ley natural.

Como en nuestra cultura occidental el único factor que siempre se admitió que trasciende la ley natural es Dios, concluimos que Dios existe.

Recientemente han aparecido en mi correspondencia (de manera nada inesperada varios ejemplos de este argumento, a raíz de mi artículo aparecido en *F & SF* titulado "Miren a un mono durante un rato largo"[1]. Varias personas se oponían al hecho de que yo aceptara la evolución, insistiendo en que la vida no pudo haber evolucionado mediante los procesos casuales de la naturaleza, puesto que "es imposible que el orden surja del desorden". El más elaborado de ellos decía algo más formidable: "El concepto de evolución viola el segundo principio de la termodinámica".

Sin duda, el segundo principio de la termodinámica *implica* que la cantidad de desorden (o "entropía" en el Universo está creciendo constantemente y que debe crecer en todos los procesos espontáneos.

Más aún, ningún científico cuestiona seriamente el segundo principio de la termodinámica y si se puede demostrar que un descubrimiento científico cualquiera lo viola, es muy probable que ese descubrimiento sea dejado de lado de inmediato.

Además, esta claro que el curso de la evolución, al pasar de compuestos simples a compuestos complejos. de allí a organismos simples y luego a organismos complejos, representa un enorme aumento del orden o una tremenda disminución en la entropía.

Combinando lo que he dicho en los dos párrafos anteriores, ¿no he afirmado que la evolución viola el segundo principio de la termodinámica y que, por lo tanto, Dios existe? Aunque les parezca raro, no lo hice. El segundo principio de la termodinámica se aplica a "un sistema cerrado" un sistema que esté completamente aislado del resto del Universo y que no gane ni pierda energía de ninguna forma. Es posible imaginar un sistema perfectamente cerrado y deducir las consecuencias teóricas del segundo principio, o bien construir un sistema casi cerrado y observar las consecuencias reales que se aproximan a las teóricas.

---

[1] N. del A.: Ha sido incluido en *Of Matters Great and Small* (Doubleday. 1975).

Pero el único sistema verdaderamente cerrado es el Universo entero. Si nos ocupamos de cualquier cosa que sea menor que todo el Universo corremos el peligro de que el sistema en cuestión sea completamente abierto y que no se le pueda aplicar el segundo principio de ninguna manera. Siempre tenemos que evitar la utilización del segundo principio en un argumento cuando no estamos seguros de que nuestro sistema esté por lo menos razonablemente cerrado.

Por ejemplo, según el segundo principio todo objeto que esta más frío que los objetos que lo rodean debe calentarse, en tanto que los objetos a su alrededor deben enfriarse hasta que todo el sistema (formado por el objeto más los que están a su alrededor) alcance la misma temperatura. Pero el interior de un refrigerador no se calienta, sino que permanece más frío que sus alrededores durante un tiempo indefinido. En realidad, se está extrayendo calor del refrigerador continuamente, de modo que los alrededores están más calientes de lo que estarían si el refrigerador no estuviera allí.

¿Quiere decir esto que el refrigerador viola el segundo principio? Puesto que es un artefacto hecho por el hombre, ¿significa esto de que el hombre es capaz de violar el segundo principio?¿Quiere decir esto que el hombre puede ir más allá de las leyes naturales y que tiene poderes divinos?, o tal vez ¿significa que el segundo principio es incorrecto y que debe ser descartado?

La respuesta a todas estas preguntas es: ¡No!

Notemos que el interior de un refrigerador comienza a calentarse en el mismo momento en que apagamos el motor. Si no se tiene en cuenta al motor, el refrigerador simplemente no es un sistema cerrado ni nada que se le parezca. El motor funciona con la electricidad que se produce por medio de algún aparato generador, y también éste debe ser incluido en el sistema. Una vez hecho esto resulta claro que el aumento de entropía del motor y de todo aquello que lo mantiene en funcionamiento es mucho más grande que la disminución de entropía del interior del refrigerador. Si uno considera un sistema razonablemente cerrado del cual forma parte el refrigerador, entonces no se viola el segundo principio.

Apliquemos este razonamiento a la vida misma. La vida en sí misma no es un sistema cerrado. Los compuestos simples no se convierten espontáneamente en compuestos complejos, ni tampoco los organismos simples se vuelven complejos sin que esté involucrada otra cosa aparte de la vida misma.

Los compuestos del océano primordial en el cual se originó la vida estaban sumergidos en un verdadero mar de energía incidente que, en su mayor parte, se originaba en el Sol (aunque también, en un grado menor, en el calor interno de la Tierra, en las sustancias radiactivas de la corteza terrestre, etc.). Es la combinación de los compuestos y la energía la que dio lugar a la formación y a la evolución de la vida, y esta energía debe ser incluida *en el sistema* para que pueda considerarse que el mismo es razonablemente cerrado.

Luego, al considerar el significado termodinámico de la evolución, no debemos pensar solamente en la vida... ya que a esta no necesariamente se le puede aplicar el segundo principio. Tenemos que pensar en el sistema bastante cerrado constituido por el Sol y la Tierra. Si lo hacemos nos encontramos con que el aumento de entropía que implica la energía que cae sobre la superficie de la Tierra es muchísimo mayor que la disminución de entropía que se produce en los cambios evolutivos que dicha energía hace posibles.

En otras palabras, el orden creciente que se percibe en la evolución se logra a expensas de un aumento mucho mayor en el desorden, que se produce en el Sol.

Luego, una vez que uno la considera como parte de un sistema cerrado (como debe hacerse), la evolución no viola el segundo principio de la termodinámica, y este argumento de yudo *no* demuestra la existencia de Dios.

En realidad, me sorprende que los Creyentes que presentan este argumento (y que revelan así su ignorancia de la termodinámica) crean que esta propuesta pueda tener validez. ¿Creen

honestamente que los científicos son tan tontos como para no ver el conflicto entre la evolución y el segundo principio, si éste existiera?, o ¿creen que ven el conflicto, pero están tan llenos de maldad como para ignorarlo, solamente para mortificar a Dios?

Un segundo argumento de yudo dice lo siguiente: Supongamos que una cierta cosa existe, pero que las probabilidades para que haya llegado a existir mediante procesos casuales son tan pequeñas (conforme a las leyes de las probabilidades y la estadística) que es prácticamente imposible suponer que exista, a menos que lo haga como resultado de la intervención de alguna influencia orientadora.

Puesto que las únicas influencias orientadoras podemos imaginarnos implican inteligencia, y como la única forma de inteligencia lo bastante grande como para influir sobre aspectos fundamentales del Universo es Dios, debemos concluir que Dios existe.

En términos generales, este argumento puede proponerse diciendo algo así como: "Si usted acepta la existencia de un reloj, debe suponer que existe alguien que lo ha fabricado, ya que es imposible creer que el delicado mecanismo de un reloj haya llegado a existir como consecuencia de la concatenación accidental de los átomos. Pero entonces, si aceptamos que el Universo existe, con tanta más razón deberemos suponer que existe un Creador del Universo, que puede ser solamente Dios."

Una forma más elaborada de este argumento fue expuesta por un biofísico francés, Pierre Lecomte du Noüy, en un libro titulado *El destino humano,* que fue publicado en 1947, en el año de su muerte. Lecomte du Noüy calculó las probabilidades de que los distintos átomos que constituyen una molécula típica de proteína se las pudieran haber arreglado para organizarse exactamente en la forma debida simplemente por azar. Está claro que la probabilidad de que una sola molécula de proteína se forme por azar, aunque sea en el curso de toda la vida del Universo, es despreciable.

Luego, del hecho que las moléculas de proteína existen a pesar de todo en cantidades enormes y en muchas variedades, tenemos que llegar a la conclusión de que Dios existe.

Yo me enteré de este argumento diez años después de que fuera propuesto y, por supuesto, enseguida percibí la falla en el razonamiento. Hice notar dicha falla en un artículo titulado "Las obras lúcidas del azar"[1].

Supongamos, decía entonces, que no nos imaginamos una compleja molécula de proteína, sino una molécula de agua muy simple, que consiste de dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno en el orden siguiente: H-O-H. Dada una cierta cantidad de átomos de oxígeno y de hidrógeno, podemos imaginárnoslos agrupándose al azar en grupos de a tres. Pueden ordenarse entre ellos según cualquier combinación de las ocho siguientes: OOO, OOH, OHO, HOO, OHH, HOH, HHO, HHH.

Una vez que lo hayan hecho, usted escoge una molécula al azar. La probabilidad de que la elegida sea HOH es de 1 en 8. La probabilidad de que las primeras veinte moléculas que elija usted al azar sean todas HOH es de 1 en 8^{20}, o sea de una en un trillón (10^{18}). Las probabilidades son mucho menores todavía si usted también acepta combinaciones de dos átomos, de cuatro, de cinco, etcétera... las cuales también podrían producirse en este tipo de extracción al azar que hemos postulado.

Sin embargo, en la realidad, si usted empieza a elegir moléculas de un recipiente en el cual todos los átomos de oxígeno se hayan combinado con átomos de hidrógeno, habrá de encontrar que *todas* las combinaciones serán de la forma HOH, salvo un número despreciable de excepciones.

¿Qué sucedió con las leyes de la estadística? ¿Qué pasó con la casualidad?

---

[1] N. del A.: En *Only a Trillion* (Abelard-Schuman, 1957).

La respuesta se encuentra en que Lecomte du Noüy, en su ansiedad por demostrar la existencia de Dios, basó su argumento en la suposición de que los átomos se combinan de una manera absolutamente casual, cuando lo cierto es que no lo hacen. Solamente se combinan al azar dentro *del contexto de las leyes de la física* y *la química.* Un átomo de oxígeno no se combina con más de dos átomos, y se combina con un átomo de hidrógeno con *mucha* mayor facilidad que con otro átomo de oxígeno. Un átomo de hidrógeno no se combina nada más que con un solo átomo. Si tenemos en cuenta estas reglas la única combinación que puede formarse en cantidades apreciables es HOH.

Razonando de manera semejante, usted puede afirmar que mientras los distintos átomos que constituyen moléculas de proteínas jamás podrían formar una molécula de proteína solamente por azar... todavía pueden hacerlo si se combinan según las reglas que establecen sus propiedades físicas y químicas. Pueden combinarse para formar primero ácidos orgánicos simples, luego aminoácidos, después péptidos pequeños y finalmente proteínas.

Ciertamente que en la época en que yo escribí mi artículo esto ya había sido demostrado experimentalmente. En 1955, el químico estadounidense Stanley Lloyd Miller había comenzado a experimentar a partir de una cantidad pequeña de una mezcla estéril de sustancias simples que probablemente existían en la atmósfera primordial de la Tierra. Aplicando la energía de una chispa eléctrica, en sólo una semana obtuvo de la mezcla varios ácidos orgánicos, y además dos de los aminoácidos que están presentes en las moléculas de proteína.

Desde entonces otros experimentadores que trabajaron de una manera semejante han confirmado y extendido ampliamente los descubrimientos de Miller. Mediante técnicas puramente aleatorias se han formado algunos compuestos bastante complejos. Naturalmente, es razonable partir de compuestos cuya formación ya ha sido demostrada y utilizarlos como nuevo punto de partida. De esta manera, en 1958 el bioquímico estadounidense Sidney W. Fox calentó una mezcla de aminoácidos y obtuvo moléculas de proteínas (si bien ninguna de ellas resultó ser exactamente idéntica a ninguna de las proteínas conocidas de los tejidos vivientes).

De manera que Lecomte du Noüy esta equivocado (aunque estoy seguro de que su argumento todavía hoy es citado honestamente por los Creyentes). La formación de compuestos complejos del tipo que asociamos a la vida *no* es un asunto tan poco probable como para que tengamos que recurrir a Dios para que nos resuelva el enigma de nuestra propia existencia. Se trata, en cambio, de un acontecimiento muy altamente probable y en realidad casi inevitable. Cuando se dan condiciones como las que prevalecen sobre la Tierra, resulta muy difícil imaginar cómo haría la vida para no existir.

Me he referido a la inevitabilidad de la vida en un articulo que titulé, precisamente, "La inevitabilidad de la vida", que apareció en el número de junio de 1974 del *Science Digest* bajo un encabezamiento del editor que rezaba: "Pruebas químicas de la existencia de vida en el espacio exterior" (¡uf!).[1]

Me sentí realmente encantado cuando, en respuesta a dicho artículo, en el número de octubre de 1974 de la misma revista se publicó una carta en disidencia, donde se presentaba un argumento de yudo a favor de la existencia de Dios que era mejor que el de Lecomte du Noüy.

El autor de la carta no intentaba referirse a la formación de moléculas complejas átomo por átomo. Presumiblemente, él estaba lo bastante enterado sobre los progresos científicos como para saber que ya se había logrado formar moléculas bastante complejas en tanques donde se cargaban ciertas soluciones que permanecían en ellos durante breves períodos de

[1] N. del A.: El artículo está incluido con el título original que yo le había puesto en *Of Matters Great and Small* (Doubleday. 1957).

pocos días. (Imaginen, entonces, lo que se pudo lograr en todo un océano de compuestos durante un período de cien millones de años.)

En consecuencia, el autor de la carta acepta suponer que el océano primordial está lleno de moléculas complejas “con un diez por ciento de ellas en la forma de aminoácidos”. Dice que éste es un porcentaje generoso, y yo sospecho que efectivamente lo es.

Luego continúa diciendo: “Supongamos además que estas moléculas se están combinando y recombinando, formando nuevos compuestos a la velocidad más grande que acepta la química. Aplicando la teoría matemática de las probabilidades es fácil demostrar que, si se dejara el proceso librado al azar, no se podría formar ni una molécula distinguible de ácido desoxirribonucleico (ADN), por más que se disponga de los miles de millones de años que normalmente se atribuyen a este proceso.”

Por supuesto que uno no puede hacer ADN a partir de aminoácidos; para ello necesitamos nucleótidos. Pero dejemos eso de lado, por tratarse de un pequeño error cometido por alguien que no está completamente familiarizado con el problema en discusión.

Supongamos que partimos de “trinucleótidos”, que son ladrillos bastantes complejos con los cuales se construye el ADN, y que pueden lograrse por medio de procesos aleatorios.

Una molécula de ADN (lo que llamamos un “gen” en genética) puede estar constituida por unos cuatrocientos trinucleótidos, y cada uno de los trinucleótidos puede pertenecer a una variedad distinta de entre sesenta y cuatro posibles.

El número total de moléculas distintas de ADN que pueden construirse con cuatrocientos trinucleótidos, cada uno de ellos elegidos entre sesenta y cuatro posibles, es 64^{400}, es decir aproximadamente 30000000000... ¡dónde debemos escribir un total de 722 ceros!

Ahora veamos cuántos genes distintos se conocen en realidad y multipliquemos ese número todo lo que podamos con el objeto de obtener el mayor número posible de moléculas distintas, entre las cuales habremos de elegir aquella “molécula distinguible” que trataremos de formar al azar en nuestro intento por desconcertar al autor de la carta.

El número de genes diferentes de una célula humana puede llegar a los veinticinco mil. Estos genes se repiten en cada una de los cincuenta billones de células del cuerpo humano, de manera que tanto en una sola célula como en todo un organismo humano hay solamente veinticinco mil genes distintos. No obstante, no tendremos esto en cuenta y supondremos que cada célula del cuerpo humano tiene veinticinco mil genes que son distintos de los genes de todas las demás células. El número total de genes diferentes en el cuerpo humano sería entonces de $1{,}25 \times 10^{18}$.

Sigamos adelante, y supongamos que cada uno de los cuatro mil millones de seres humanos que viven sobre la Tierra tiene un conjunto de genes completamente distinto, de modo que no existe sobre el planeta ningún gen humano que sea igual a ningún otro. En tal caso, el número total de genes humanos distintos sobre la Tierra sería de 5×10^{27}. Si suponemos que el número total de genes no humanos sobre la Tierra es diez millones de veces mayor que el número de genes humanos, y que todos ellos también son diferentes, entonces el número total de genes de todas clases que hay sobre la Tierra es 5×10^{34}.

Si usted sigue adelante, y supone que se forman nuevos genes cada media hora, que todos ellos son siempre distintos y que la Tierra siempre ha tenido la misma riqueza en formas de vida que hoy posee, entonces en los tres mil millones de años de historia de la vida en la Tierra el número total de genes distintos que pueden haber existido sería $2{,}5 \times 10^{41}$. Si supone usted que esto ha ocurrido no solamente en la Tierra sino en cada uno de los diez planetas distintos de cada una de los cien mil millones de estrellas que hay en nuestra Galaxia y en cada una de las estrellas de las cien mil millones de galaxias, entonces el número total de genes distintos en el Universo es de $2{,}5 \times 10^{63}$.

Este también es un número grande, pero si se lo compara con el número total de genes *posibles,* que es de 3×10^{722}, el número total de genes distintos en el Universo, aun después de

haber empleado esta forma de cálculo imposiblemente generosa, es tan pequeño que resulta ser prácticamente nulo.

Por lo tanto, si usted toma una masa enorme de nucleótidos triples y los hace unirse al azar, la probabilidad de que formen una sola "molécula distinguible de ADN" en todos los miles de millones de años que ha existido el Universo es verdaderamente despreciable, como lo afirma el autor de la carta.

Por cierto que éste es un argumento de yudo poderoso. ¿Podremos salvarnos diciendo que los trinucleótidos no pueden unirse de cualquier manera, sino que sólo pueden hacerlo según ciertas reglas que solamente les permiten formar los genes que conocemos?

¡Caramba, no podemos! Por lo que sabemos los trinucleótidos se pueden unir de cualquier manera.

Pero entonces, ¿hemos llegado por fin a un argumento que demuestra que Dios existe?

¡No del todo!

Después de todo hay una falla lógica en los argumentos del autor de la misiva. Él hace la suposición implícita de que únicamente las "moléculas distinguibles" de ADN tienen algo que ver con la vida... pero no existe absolutamente ninguna razón para suponer eso.

En el transcurso de la evolución de los seres vivientes han nacido constantemente nuevos genes, genes de ciertas clases que jamás habían existido antes, genes con combinaciones de trinucleótidos que no se habían encontrado hasta ese entonces. Estos nuevos genes eran de diversos tipos, desde los más útiles hasta los más inútiles. No hay ninguna razón para suponer que la vida haya agotado todos los genes que le pueden ser útiles. No hay ninguna razón para suponer que un gen que es inútil para una especie no pueda ser útil para otra, quizá para una especie hoy extinta o para otra que jamás se ha desarrollado.

Puede ocurrir que una gran mayoría del número increíble de genes que se pueden formar pero que no se han formado resulten ser útiles y funcionales de alguna manera frente a ciertas situaciones de la vida, si es que se llegan a formar por accidente.

Podemos sostener que cualquier gen *en particular* tiene una probabilidad prácticamente nula de formarse en el océano primordial de la Tierra, pero que seguramente se tenía que formar alguno.

Con toda probabilidad no importa cuáles genes se formaron, sino que algunos se formaron. La verdadera dirección que tomó la vida y el hecho real de nuestra propia existencia puede depender de la probabilidad de que se hayan formado ciertos genes y no otros. Como resultado, las formas terrestres de la vida son puramente accidentales y es muy improbable que se parezcan a ninguna otra forma de vida que pueda existir en ningún otro planeta donde ésta se haya desarrollado; pero *la existencia de alguna forma de vida* es un hecho prácticamente cierto y no se opone necesariamente a las leyes de la probabilidad.

Así que la elección no está planteada entre unos pocos genes escogidos que dan lugar a la vida y una mayoría increíblemente amplia que no lo hace. Eso no es más que la suposición implícita del autor de la carta. La opción debe hacerse entre un grupo de genes que conduce a la vida y otro que conduce a una forma de vida algo diferente, y otro más... y otro... y otro... y otro...

Una vez que se han formado los genes que representan los comienzos de una forma de vida muy primitiva, se introduce un nuevo factor. Los genes se reproducen a sí mismos, pero no siempre de manera exacta, de modo que constantemente se están formando genes nuevos, cada uno de los cuales funciona de manera algo distinta.

Estos genes diferentes, solos o combinados, compiten entre sí por la existencia. La supervivencia y la reproducción de éste en lugar de aquél pueden ser en gran parte obra de la casualidad, pero precisamente el hecho de inclinar esa probabilidad, aunque sea muy

brevemente, en una u otra dirección, puede ser el resultado de la mayor eficiencia relativa de un gen con respecto a otro.

Estas diferencias de eficiencia o “aptitud” habrán de conducir inevitablemente a la supervivencia de aquellos genes que funcionen mejor en su ambiente específico, y en eso consiste lo que se conoce con el nombre de la “evolución a través de la selección natural”.

Después de haber sido formados originalmente por pura casualidad, los genes son seleccionados por obra de las fuerzas ciegas del medio ambiente para dar lugar a una adaptación cada vez mejor, hasta que después de tres mil millones de años resulta un organismo tan complejo y versátil como el *homo sapiens.* Es muy probable que en tres mil millones de años de selección natural se hubiera logrado moldear una especie tan notable como la nuestra, sin que ello dependa de qué genes se hayan formado al comienzo por pura obra de la casualidad.

En ninguna parte de todo el proceso puedo encontrar ningún punto en que las leyes ciegas de la naturaleza se vengan abajo, como para que no tengamos otra alternativa que recurrir a Dios.

Naturalmente que tampoco hay nada en este argumento que demuestre que no existe Dios. Aunque quisiéramos demostrar que, por todo lo que sabemos, Dios no es necesario, no hemos demostrado que Dios no exista. Dios puede resultar necesario en algún punto que no hemos entendido apropiadamente, o que no hemos tenido en cuenta. Por otra parte, Dios puede existir aunque no haya ninguna necesidad de que exista.

Sin embargo, existe un principio aceptado en la controversias en el sentido de que las pruebas deben ser aportadas por quien hace la afirmación.

En consecuencia, si me preguntan si creo en Dios, supongo que debo contestar que apenas se me presente una prueba incontrovertible de la existencia de Dios, la habré de aceptar.

Solapas

Isaac Asimov

EL PLANETA QUE NO ESTABA

Isaac Asimov es -junto con Carl Sagan- el más popular de los autores de divulgación científica, temática que –presuntamente árida- adquiere en sus manos el toque mágico necesario para llegar a apasionarnos.

La totalidad de los ensayos incluidos en este volumen fueron publicados originalmente en el *Magazine of Fantasy and Science Fiction,* una de las publicaciones más importantes en el campo de la ciencia-ficción. El elemento unificador de los mismos es, en palabras del autor, la polémica. Y sino veamos: los platillos volantes (¿existen?), la religión (¿hay un Dios?), las brujas (¿quiénes fueron?), los coeficientes de inteligencia (¿sirven para algo?), la colonización del espacio (¿es rentable?), y muchos otros temas de interés.

«El hecho es que disfruto mucho con los temas polémicos –dice Asimov- y estoy encantado con la posibilidad de decir lo que pienso.»

De modo que si usted tiene ganas de discutir un poco, y pasar un buen rato, este es el libro ideal, un libro de «controversia creciente» que le permitirá estar o no de acuerdo con el «Buen Doctor».